

Chem.
345/17.

Chem.

Knop

345(17

hem.
345
117

345 (17)

UEBER DAS VERHALTEN

EINIGER

WASSERPFLANZEN ZU GASEN.

BIBLIOTHECA

Staatsbibliothek
München

VON

DR. WILHELM KNOP.

Mit einer Tafel.

LEIPZIG,
LEOPOLD VOSS.
1853.



LEIPZIG, DRUCK VON HIRSCHFELD.

Ueber das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gasen.

Die Veranlassung zu der Untersuchung, deren Resultate in dieser Schrift enthalten sind, gab die Betrachtung des Baues einiger Wasserpflanzen. Bekanntlich finden sich im Gewebe derselben gewisse, mehr oder weniger röhrenförmige, oftmals sechsseitige Kanäle, die sogenannten Luftgänge, die offenbar nicht zur Aufnahme von Flüssigkeiten bestimmt sind, sondern bei gesundem Zustande der Pflanze ein Gas enthalten. Ueber die Zusammensetzung des gasförmigen Inhalts von Pflanzen, über den der Luftgänge sowohl, wie über den von hohlen Stämmen, Früchten u. s. w. liegen schon einige Untersuchungen vor. Man hat meistens mit Hülfe der Luftpumpe gewissen Pflanzenorganen das in ihnen enthaltene Gas entzogen und analysirt. Indessen schien es mir keine fruchtlose Arbeit zu sein, noch weiter zu untersuchen, ob der Wechsel der Zustände der Atmosphäre in irgend einer Periode des Pflanzenlebens einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Gase im Inneren der Pflanze habe.

Die bis jetzt über die Abhängigkeit der Pflanze von den Bestandtheilen der Atmosphäre, des Wassers und des Bodens bekannten Thatsachen liessen über die zunächst ins Auge zu fassenden Punkte wenig Zweifel; denn das Gas, das man im Inneren der Pflanzen findet, ist danach jedenfalls von aussen in sie eingedrungen und erleidet hier durch den in den Zellen stattfindenden Stoffwechsel weitere Veränderungen. Es kam daher zunächst darauf an, die Bestandtheile der ganzen gasförmigen Umgebung der Pflanzen, nämlich die der Atmosphäre, der im Wasser gelösten Luft und der in den Poren des Erdreichs enthaltenen, mit denen jenes gasförmigen Inhaltes von Höhlungen in Pflanzen zu vergleichen; zu dem Ende sind nach den vorhandenen Thatsachen folgende Sätze als begründet angenommen worden:

1) Die atmosphärische Luft enthält als unumgänglich hier in Betracht zu ziehende Stoffe, Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, Salpetersäure, Ozon und verschiedene nicht näher bekannte Zersetzungsproducte organischer Materien.

Die Quantität des Sauerstoffs, welche in 100 Volumen Luft enthalten ist, kann für Bestimmungsmethoden, welche einen Fehler von 1 p. c. mit sich bringen können, in runder Zahl zu 21,00 als constant angenommen werden.

Der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre kann an weniger hoch über dem Meere gelegenen Orten im Mittel zu 4—5 Zehntausendstel angenommen werden, doch ist dieses Mittel nicht von derselben Constanz, wie die oben für den Sauerstoff aufgestellte Zahl, und an hoch über dem Meere gelegenen Orten ist der Kohlensäuregehalt durchschnittlich grösser.

Kohlenwasserstoffe und Schwefelwasserstoff finden sich in zu geringer Menge in der Atmosphäre, als dass sie quantitativ bestimmt werden könnten.

Ammoniak und Salpetersäure sind stets, jedoch in wechselnden Mengen, in der Atmosphäre enthalten. Die bis jetzt gemachten quantitativen Bestimmungen des Ammoniaks und der Salpetersäure gestatten noch nicht, eine allgemein gültige Durchschnittszahl aufzustellen. Ozon, d. i. elektrisirter Sauerstoff, wird in der Atmosphäre in nicht bestimmbarⁿ Mengen angetroffen; doch ist gewiss, dass der Gehalt der Atmosphäre an Ozon *nicht* constant ist.

2) Die im Wasser gelöste Luft enthält als durch den Versuch darin nachgewiesene Bestandtheile: Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Schwefelwasserstoff. Die Quantitäten dieser Stoffe sind darin aber viel grösseren Schwankungen unterworfen als in der Atmosphäre, und selbst der Sauerstoffgehalt ist hier sehr verschieden. Doch scheint es, dass der Sauerstoffgehalt der in reinen Wässern gelösten Luft 33,3 p. c. beträgt. Dieser Gehalt steigt da, wo durch grüne Pflanzentheile reichlich Sauerstoff entwickelt wird, und sinkt, wo durch Verwesung organischer Materien Sauerstoff absorbirt wird.

3) Die im Boden in den Poren des Erdreichs enthaltene Luft ist sauerstoffärmer und kohlensäurereicher als die atmosphärische. Die Summe der Kohlensäure- und Sauerstoffprocente beträgt indessen ziemlich genau 21, so dass sich die Abweichung von der atmosphärischen Luft aus der Oxydation der verwesenden Pflanzenstoffe mit Bildung von Kohlensäure erklären lässt. Jene Zahl 21 wird indessen durch das Summiren der Procente an Kohlensäure und Sauerstoff nicht völlig erreicht, weil ein Theil des Sauerstoffs auch mit anderen Körpern, besonders mit Wasserstoff, Verbindungen eingeht.

Aus vorstehenden Thatsachen ergab sich von selbst, dass man Schwankungen in der Zusammensetzung der zu untersuchenden Gase am leichtesten durch Bestimmung des Sauerstoffgehaltes derselben finden werde; dagegen liess sich von Bestimmung der Kohlensäure, bei der Art und Weise, in der diese ersten Versuche angestellt wurden, kein Nutzen erwarten, weil sie, in Folge ihrer Löslichkeit in Wasser, beim Aufsammeln der Gase zum Theil verloren gehen musste. Von denjenigen der oben angeführten Bestandtheile der Luft, welche nur in sehr geringen Mengen darin enthalten sind, musste vor der Hand, so weit es ihre Quantitäten betrifft, ganz abgesehen werden. Bei allen den unten beschriebenen Versuchen habe ich den Sauerstoff eines zu untersuchenden Gases durch Gallussäure oder Gerbsäure, in starker Kalilauge gelöst, absorbiren lassen. Diese Methode hat LIEBIG im Anfange dieses Jahres neben der Anwendung von Pyrogallussäure empfohlen, und sie zeigte sich für den Zweck von ganz besonderer Brauchbarkeit. Man sammelte 12—15 Cub.-Cent. der Gase in nach Zehnteln graduirten Röhren, so dass dabei etwa 1—2 Cub.-Cent. Wasser im Rohre

blieben, schob dann die Säuren, die mit etwas Zuckerlösung in cylindrische Stiele geformt waren, und so viel gegossenes Kali ein, dass die Kalilauge etwa 2 Theile Kali auf 1 Theil Wasser enthielt, und schloss hierauf die Röhren mit Korkstöpseln, die unter Wasser oftmals ausgepresst und unter demselben bereits längere Zeit aufbewahrt waren. Dann blieben die Röhren 6—8 Stunden in fast horizontaler Lage unter Wasser liegen, so dass das gemessene Gas der ganzen Länge des Rohres nach mit der absorbirenden Lauge in Berührung blieb. Dabei wurden die Röhren so oft als thunlich um ihre Axe gedreht, um ihre inneren Wände mit der Flüssigkeit zu benetzen. Nach Verlauf einiger Stunden lüftete man den Kork unter Wasser ein wenig, bis der luftverdünnte Raum durch Wasser erfüllt war. Es hat sich bei allen Versuchen eine grosse Sicherheit der Absorption des Sauerstoffes herausgestellt; wo Doppelbestimmungen von einem und demselben Gase gemacht wurden, fielen, ebenso wie bei Luftuntersuchungen, die Resultate fast identisch aus. Die Correctionen für Barometerstand und Temperatur sind folgendermaassen angestellt.

Man stellte zu Anfang des Versuches ein mit Luft gefülltes graduirtes Rohr in dasselbe Wasser, worin die Röhren mit den zu untersuchenden Gasen standen, und machte die Ablesung an allen Röhren unmittelbar nach einander. Man liess das Rohr mit Luft in demselben Wasser stehen. Wenn dann die Absorption des Sauerstoffes in den anderen Röhren vollendet und der Inhalt durch Waschen der Gase mit Wasser gereinigt war, stellte man diese wieder in das Wasser, worin das Rohr mit Luft sich noch befand, und las einige Zeit nachher an allen Röhren ab. Wenn nun das Volum der Luft in dem einen mit Luft gefüllten Rohre durch Aenderung der Temperatur und des Barometerstandes ein anderes geworden war, so corrigirte man in demselben Verhältnisse die ersten Ablesungen an allen Röhren.

Bei der Sicherheit, mit welcher das Sauerstoffgas durch Gallussäure und auch schon durch Gerbsäure absorbirt wird, fällt der Fehler lediglich auf die Ablesung an graduirten Röhren. Bei vergleichenden Untersuchungen der Luft hat man nie so grosse Differenzen bei Anwendung von 120—150 Zehntel Cub.-Centim. erhalten, dass der Fehler 1 p. c. überschritten hätte, und so dürften die nachstehenden Ergebnisse für solche Fragen, deren Beantwortung nicht von einem Mehr- oder Mindergehalte von 1 p. c. abhängig ist, als zuverlässig angesehen werden.

Bevor ich die von mir angestellten Versuche beschreibe, muss ich hervorheben, dass in neuerer Zeit einige, den meinen mehr oder weniger ähnliche angestellt wurden, welche bei Zusammenstellung der von mir ermittelten Thatsachen nicht unberücksichtigt bleiben konnten. Es sind dieses folgende:

GARDENER (BERZELIUS' Jahresbericht 1848, S. 277) giebt an, dass die von Pflanzenzellengebilden eingeschlossene Luft in 13,25 Sauerstoff und 86,75 Stickstoff bestehe, und schliesst, dass die Luft nach den Regeln der Diffusion eintrete. Die Wurzeln sollen ein mit 3—4 p. c. Sauerstoff beladenes Stickgas ausgeben.

VILLE (Comptes rend. Tom. XXXI, p. 578) schloss aus Versuchen, in welchen er Körner in Sand und Ziegelsteinmehl keimen liess und die Pflanzen mit künstlichem ammoniakfreien Dünger versah, dass die Pflanzen

den atmosphärischen Stickstoff absorbiren und assimiliren, weil der Stickstoff in ihnen nachher mehr betrug, als in den Samen enthalten und als Ammoniak den Pflanzen zugeführt worden war.

J. N. GLADSTONE und G. GLADSTONE (Chemical Gazette 1851, p. 316) haben Gräser und Stiefmütterchen unter Glasglocken, die durch Wasser gesperrt und mit Sauerstoff, Stickoxyd, Kohlenoxydgas gefüllt waren, und Zwiebelgewächse in Kohlenwasserstoffen mehrere Wochen lang fortwachsen lassen. Diese Beobachter schliessen, dass die Gase keinen anderen Einfluss auf die Vegetation der Pflanzen hatten als den natürlichen, dass sie denselben keine Nahrungsmittel boten.

CLOEZ und GRATIOLET veröffentlichten 1851 (Annales de Chim. et de Phys. 3. Sér. Tom. XXXII. p. 41) eine Untersuchung über Wasserpflanzen: *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton crispus*, *Ceratophyllum submersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas maxima* etc. Sie fanden:

1) dass das aus dem Stamme dieser Pflanzen im Lichte austretende Gas mit der Intensität des Lichtes sich stärker entwickle, und dass das Licht, indem sie es durch farbige Gläser auf die Pflanzen fallen liessen, in folgender Ordnung weniger Wirkung hatte:

1. Licht durch mattes farbloses Glas,
2. - - helles Glas,
3. - - durchsichtiges farbloses Glas,
4. - - rothes Glas,
5. - - grünes Glas,
6. - - blaues Glas

Es zeigte sich demnach, dass der eigentliche chemische Strahl (blau, violet) hier die geringste Wirkung hatte. Dasselbe Resultat war vor dieser Arbeit schon von DRAPER erhalten worden. (S. unten S. 6.)

2) Dass im Widerspruche mit DE SAUSSURE die Wasserpflanzen keine Kohlensäure im Dunkeln geben.

3) Dass dieses Gas sich erst entwickle, wenn man die Pflanzen in mittels Eis auf $+4^{\circ}$ gekühltem Wasser dem Sonnenlichte aussetzte, nachdem das Wasser 15° warm geworden war. Bei 30° entwickelten sie am meisten Gas; bei dem Abkühlen entwickelten sie noch unter 15° bei 12 und 11° Gas.

4) Untersuchten dieselben Beobachter das Gas von *Najas maxima*, *Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus* an fünf verschiedenen Tagen. Sie fanden hier die Zusammensetzung dieser Gase:

	Volum des gesammelt. Gases.		100 Theile des Gases enthielten:			
<i>Najas maxima</i> ,	1. Tag	138 Cub.-Cent.	37,68	Sauerstoff	62,32	Stickstoff.
	2. -	127 - -	36,85	-	63,15	-
	5. -	63 - -	27,74	-	72,26	-
	6. -	116 - -	32,65	-	67,35	-
	8. -	102 - -	31,00	-	69,00	-
<i>Potamogeton lucens</i> ,	1. -	82 - -	28,60	-	71,40	-
	2. -	74 - -	27,28	-	72,72	-
	5. -	45 - -	26,40	-	73,60	-
	6. -	76 - -	28,72	-	71,28	-
	8. -	61 - -	27,30	-	72,70	-

Volum des gesammelt. Gases.				100 Theile des Gases enthielten:			
Potamogeton	1. Tag	107	Cub.-Cent.	36,21	Sauerstoff	63,79	Stickstoff.
perfoliatus.	2. -	96	- -	33,40	-	66,60	-
	5. -	54	- -	27,00	-	73,00	-
	6. -	82	- -	28,34	-	70,30	-
	8. -	69	- -	-	-	71,66	-

Für diese Zahlen ist noch besonders zu bemerken, dass die sauerstoffreichsten Gase sich an den hellsten und klarsten Tagen entwickelten. Von dem Stickstoffe glauben dieselben Beobachter, dass er sich aus zersetzten organischen Materien der Pflanzen gebildet habe; denn von Potamogeton zeigte eine unmittelbar getrocknete Quantität, die analysirt wurde, einen höheren Stickstoffgehalt als dieselbe Quantität derselben Art, nachdem sie noch sechs Tage lang in luftfreiem, mit Kohlensäure beladenem Wasser vegetirt hatten. Ferner entwickelten Wasserpflanzen in Wasser, das diese Beobachter luftfrei gemacht, aber zugleich und immerfort mit Kohlensäure gesättigt hatten, dennoch ein stickstoffhaltiges Gas. Acht Exemplare von Potamogeton perfoliatus entwickelten in acht Tagen die folgenden Gase:

Die ganze Menge				100 Theile Gas enthielten:		In jedem Tage
Gas betrug:				Sauerstoff.	Stickstoff.	entwick. Stickstoff.
1. Tag	348	Cub.-Cent.		84,30	15,70	54,6
2. -	569	- -		86,21	13,79	78,4
3. -	624	- -		88,00	12,00	74,8
4. -	315	- -		89,74	10,26	32,3
5. -	226	- -		90,47	9,53	21,5
6. -	102	- -		92,85	8,15	13,1
7. -	120	- -		95,66	4,34	5,2
8. -	86	- -		97,10	2,90	2,5

Diese acht Pflanzen haben nach Angabe dieser Beobachter in luftfreiem Wasser 282,4 Cub.-Centim. Stickstoff entwickelt, der somit nur durch Zersetzung der Pflanze entstanden sein müsse.

Es scheint diesen Beobachtern ferner wahrscheinlich, dass die Pflanzen das Stickgas direct assimiliren können. Sie ziehen diesen Schluss aus der Beobachtung, dass auf jene Wasserpflanzen sehr geringe Mengen von Ammoniaksalzen sehr ungünstig einwirkten; 0,001 Ammoniak vom Gewichte des Wassers, mochte es als salpetersaures oder kohlen-saures angewandt werden, tödtete die Pflanze.

In den Analysen der Gase haben CLOEZ und GRATIOLET den Sauerstoff durch Kupferblech, das von mit Salzsäure getränktem Asbest umgeben war, absorbiren lassen. Dieses Verfahren liefert jedenfalls kein genaues Resultat.

5) Dieselben Beobachter fanden, dass in Wasser, welches reich an kohlen-saurem Kalk war, die Blätter von Wasserpflanzen sich nur auf der Oberfläche mit kohlen-saurem Kalke bedeckten. Die Kohlensäure müsse daher, so lautet der Schluss, in einer bestimmten Richtung in die Pflanzen treten. Ferner behaupten sie, aus Stämmen von Ceratophyllum und von Potamogeton trete, wenn man mittlere Stammstücke ausschneide, das Gas nur aus dem der Wurzel zugekehrten Schnitte aus; es müsse also in den Stämmen ein

constanter Strom von dem in den Blättern durch Kohlensäurezersetzung erzeugten Sauerstoffe nach den Wurzeln hingeführt werden.

GARREAU zu Lille (Annales des sciences nat. Tom. XV. 1851) veröffentlichte eine Abhandlung grösseren Umfanges, worin er Untersuchungen mittheilt, die ihn zu folgenden Schlüssen führen:

1. Die Blätter und grünen Theile von Pflanzen athmen Sauerstoff ein, im Lichte, im Schatten und während trüben Wetters.
2. Dieser Sauerstoff verwandelt sich in Kohlensäure, die ausgeathmet wird.
3. Von den Pflanzen getrennte Blätter geben dieselben Resultate, wie auf den Pflanzen in natürlicher Lage bleibende.
4. Kohlensäure tritt um so weniger auf, je intensiver das Licht ist; die Erniedrigung der Temperatur, indem sie die Bewegung der Lebensflüssigkeit lähmt, vermindert oder vernichtet das Ausathmen dieses Gases.
5. Die untergetauchten grünen Pflanzentheile athmen innerhalb gewisser Grenzen der Temperatur eben so wie Luftpflanzen, nur erscheint hier weniger Kohlensäure, weil sie sich in Wasser löst.
6. Alle Pflanzentheile athmen, mit Verbrennung des Kohlenstoffes und Erhöhung ihrer Temperatur, wie Thiere.
7. Die Quantität Kohlensäure, welche die Pflanzen ausathmen, ist in dem Maasse grösser, als die Pflanzen mehr lebendige Proteinstoffe enthalten.
8. Die Kohlensäure, welche durch das Athmen grüner Pflanzentheile, die ärmer sind an stickstoffhaltigen Materien (Blätter), entwickelt wird, wird im Schatten und bei trübem Wetter ausgeathmet, und verschwindet bei hellem Wetter ganz, bei stickstoffreicheren (grüne Früchte) nur zum Theil, welche Luftverhältnisse dabei auch stattfinden mögen.
9. Der chemisch-vitale Process der Respiration findet in der lebendigen stickstoffhaltigen Materie statt, weil er mit dem Absterben derselben aufhört.

ROBIN (Compt. rend. Tom. XXXII. p. 37) sagt, die durch INGENHOUSE, DE SAUSSURE, DUTROCHET erhaltenen Resultate seien noch nicht vom richtigen Standpunkte aus betrachtet, weil diese Autoren das Factum der Kohlensäurezersetzung als ursprüngliches, die Absorption von Sauerstoff als secundäres ansahen; nach seiner, übrigens auf weiter nichts beruhenden Ansicht, ist die Sauerstoffabsorption das ursprüngliche Factum, und die Pflanzen athmen wie die Thiere.

DRAPER sprach zuerst im Widerspruche mit SENNEBIER's und GILBY's Angaben aus, dass die Zersetzung der Kohlensäure, die Entwicklung von Sauerstoff an grünen Pflanzentheilen nicht durch die chemischen Strahlen bewirkt werde, er fand vielmehr, dass der gelbe Strahl der in dieser Beziehung wirksamste sei. Damit stimmen auch die Beobachtungen von CLOEZ und GRATIOLET, so wie einige von mir gemachte Erfahrungen überein.

Gemeinschaftlich mit meinem jüngeren Bruder habe ich im August 1851 die erste Notiz über unsere Untersuchung der Gase in Pflanzen gegeben. (S. Chem. Pharm. Centralbl. 1851. S. 609, 723. 1852. S. 593.) In dieser Notiz ist dieselbe Beobachtung enthalten, dass aus den

Stämmen von mehreren Wasserpflanzen, besonders im Sonnenlichte, weniger im zerstreuten Lichte, ein sauerstoffreiches Gas entwickelt wurde. Wir haben damals schon gegen die Angabe von CLOEZ und GRATIOLET behauptet, dass die Reichhaltigkeit an Sauerstoff in diesen Gasen nicht allein vom Lichte abhängen könne, da wir von *Myriophyllum* nach lange andauerndem Sonnenscheine, und während des Einflusses des Sonnenscheines am natürlichen Standorte der Pflanze ein Gas auf sammelten, das nur 33 p. c. Sauerstoff enthielt. Ferner gaben wir an, dass in den Stämmen kein Strom von der Spitze des Stammes oder von den Blättern aus nach den Wurzeln hin existire, dass aber die Blätter, indem sie fortwährend Gas entwickeln und in den Stamm führen, in letzterem eine Spannung des Gases bedingen, von der sich nachweisen liess, dass sie grösser ist als die der Atmosphäre. Demnach müsse allerdings ein Druck des Gases auch nach der Wurzel hin stattfinden, allein er wirke überhaupt nach allen Richtungen und der Erfolg desselben dürfe nicht nach den an verwundeten Pflanzen beobachteten Erscheinungen beurtheilt werden.

Ferner hatte sich aus sehr zahlreichen Bestimmungen des Sauerstoffes in den Gasen, die man durch Ausdrücken aus grünen Blättern, hohlen Stämmen, Rhizomen, Wurzeln von Wasserpflanzen gewonnen hatte, ergeben, dass der Sauerstoffgehalt in den Wurzeln stets einen geringeren Antheil an der Mischung des Gases hatte als in den Luftgängen der Blätter, deren Luft wenig von der der Atmosphäre verschieden war. Uebrigens stellte sich deutlich eine Einwirkung der in den Pflanzentheilen enthaltenen Stoffe, so bei der Wurzel von *Alnus glutinosa* auf den Inhalt derselben heraus.

Bei Schösslingen von *Typha* hatten wir beobachtet, dass aus dem Centrum derselben im Sonnenlichte ununterbrochen Gas in Blasen von der Grösse einer Linse austritt. Von drei Schösslingen, die sich aus demselben Rhizome entwickelten, vegetirte der am weitesten von der Mutterpflanze entfernte am lebhaftesten, dann folgte in dieser Beziehung der zweite; der erste von der Mutterpflanze an gerechnet war der kleinste. Zu der Zeit, wo der äusserste Schössling lebhaft Gas aus seinem Centrum entwickelte, gaben die beiden anderen kein Gas; als aber der äusserste mit einem Stücke des Rhizoms abgeschnitten wurde, fing der zweite sogleich an Gas zu entwickeln. Wir haben zu der Zeit die Meinung gehabt, dass dieses Gas die von den Wurzelfasern aus dem Wasser eingesogene und in der Pflanze veränderte Luft sei. Durch die Versuche indessen, welche ich im Monat Januar und Februar 1853 noch anstellen konnte, scheint es wenig zweifelhaft, dass das Gas zum grösseren Theile von den Blättern der Schösslinge eingesogen und nach den Punkten eines Wurzelstockes hingetrieben werde, welcher am schnellsten vegetirt. In diesem letzteren sind gewiss die für das Gas bestimmten Ausgänge am weitesten geöffnet, so dass sich jene an den drei Schösslingen beobachtete Thatsache hieraus erklären lässt. In frühester Periode scheinen diese Gänge, welche die von Blättern eingesogene Luft in das Centrum der Pflänzchen führen, hier durch das dichte Aneinanderliegen der Blätter verschlossen zu sein, und in jüngeren Schösslingen der Austritt des Gases im Centrum mehr als in älteren erschwert zu sein.

Es sei mir gestattet, in Bezug auf die in Vorstehendem enthaltenen

Thatsachen einige Bemerkungen zu machen, wozu mir die im Laufe meiner Untersuchungen gemachten Erfahrungen Veranlassung geben:

1) Die bisher quantitativ ausgeführten Bestimmungen von Kohlensäuremengen und von zersetzter Kohlensäure halte ich nicht für ganz zuverlässig, weil von den Pflanzenzellen, besonders denen, die kein Chlorophyll enthalten, ein Theil der in die Pflanze eingedrungenen Kohlensäure stets als in ihrer Flüssigkeit gelöst oder gar chemisch an Basen gebunden zurückbleibt. Eben so wenig die Bestimmungen von relativen Mengen des erzeugten Sauerstoffes und ein- oder ausgeathmeten Stickstoffes, wenn bei den Versuchen Wasser zur Absperrung diene, weil unmittelbar, so wie ein leichter lösliches Gas in die Pflanzenzellen eindringt, ein Theil des schwerer löslichen schon dadurch allein ausgetrieben, ein Theil vom Sauerstoff chemisch gebunden wird, und in den Versuchen nun noch die Verschiedenheiten berücksichtigt werden müssen, die innerhalb der Pflanzen, je nach der Mischung der einzuathmenden Atmosphäre, der Mengen und Mischungen der im Wasser gelösten Luft und der Löslichkeit der zum Versuche dienenden Gase, auftreten.

2) Zu dem, was über die Mengen Stickstoff, welche von Pflanzen ein- und ausgeathmet werden, bekannt ist, habe ich noch hinzuzufügen:

dass es allerdings, wie besonders DE SAUSSURE gelehrt hat, gewisse Mischungen von Sauerstoff und Stickstoff giebt (atmosphärische Luft), welche, wenn Pflanzen darin leben, sauerstoffärmer werden und zuletzt in zurückgebliebenem Stickstoffe bestehen, dass es aber auch Gemische giebt (Mischungen von Sauerstoff und Stickstoff, die in 100 Volumen 33 Volumen und darüber Sauerstoff enthalten), die vollständig von Pflanzen eingesogen werden, so dass keiner der Bestandtheile übrig bleibt. Im Sonnenlichte geben Pflanzen, die solches Gas eingeschluckt haben, ein Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff wieder aus, wenn sie in kohlen-säurehaltigem Wasser liegen. Man erhält dabei nicht das ursprüngliche Volum wieder, und die Mischung ist an und für sich sauerstoffärmer geworden, wenn man den Zuwachs an Sauerstoff in Rechnung zieht, den die während der Gasaussonderung fortdauernde Zersetzung der Kohlensäure von Neuem liefert. Es ist bei derartigen Versuchen ausserordentlich schwer, anzugeben, ob bei dieser Absorption ein Assimiliren des Stickstoffes stattfindet; jedenfalls scheint aus meinen letzten, im Januar und Februar dieses Jahres angestellten Versuchen hervorzugehen, dass die Pflanzen sich zu jenen Gemischen, die in Wasser ohne Zurücklassen von Stickstoff löslich sind, ähnlich wie poröse Körper verhalten. Sie saugen dieselben auf, allein wahrscheinlich geht der bei Weitem grössere Theil, wenn nicht die ganze Menge, in das Wasser über und verdunstet von dessen Oberfläche.

3) Wenn man die beobachtete Absorption von Stickgas streng von Assimilation unterscheidet, so haben meine eigenen Versuche bis jetzt keine Thatsache geliefert, aus der man eine directe Assimilation des Stickstoffes folgern kann; doch glaube ich, dass die am Schlusse meiner Abhandlung angedeuteten Versuche, die noch nicht beendigt sind, auch hierüber bald entscheiden werden.

Schenkt man aber den in neuerer Zeit von anderen Chemikern angestellten Versuchen, besonders denen von MULDER, BOUSSINGAULT und Anderen,

volles Vertrauen, so ergibt sich die Nothwendigkeit, auch noch andere Stickstoff enthaltende chemische Verbindungen in Rechnung zu ziehen. Wenn man nachweisen kann, dass sich unter den Gasen, die von Pflanzen eingeathmet werden, auch solche finden, die den Stickstoff bereits in chemischer Verbindung enthalten, so muss meiner Ansicht nach jetzt um so mehr erwogen werden, welchen Antheil solche Körper am Pflanzenernährungsprocesse etwa nehmen können, bevor man zur directen Assimilation des Stickstoffes seine Zuflucht nimmt. Als solche zu beachtende Körper habe ich unten das Stickoxydulgas und das Ozon bezeichnet, das letztere, insofern es den atmosphärischen Stickstoff zu chemischer Verbindung disponirt, und in allen den Versuchen, in welchen man Pflanzen vor Ammoniak schützte, der elektrische Sauerstoff nicht ausgeschlossen blieb.

4) J. H. GLADSTONE'S und G. GLADSTONE'S Versuche, welche zu beweisen scheinen, dass irrespirable Gasarten von den Pflanzen ohne Nachtheil eingeathmet werden, dass sie, wie diese Beobachter sagen, sich indifferent zu den Pflanzen verhalten, ihnen nur kein Material zum Fortwachsen liefern, würden gewiss ganz anders ausgefallen sein, wenn man alle Kohlensäure, alle Möglichkeit, dass die zum Versuche dienenden Pflanzen aus dem Wasser die darin gelöste Luft aufnehmen konnten, unterdrückt hätte. Die irrespirablen Gase können (DE SAUSSURE) von den Pflanzen nur dann ohne Nachtheil geathmet werden, wenn sie mit einer genügenden Menge Sauerstoff gemischt sind, oder so viel Kohlensäure enthalten, dass diese im Lichte hinreichend Sauerstoff liefert. Es ist aber nicht möglich, durch Absperren der Pflanzen von der Luft durch Glasglocken die Kohlensäure auszuschliessen, da die in den Pflanzen zersetzten Stoffe diese wieder erzeugen. Man kann manche Pflanzen in Glasröhren einschliessen, indem man die Röhren an beiden Enden zuschmilzt; die Pflanzen wachsen fort; sowie einige Blätter faulen, bilden sich aus der hierbei entstehenden Kohlensäure neue Zellen, und diese Kohlensäure liefert dadurch schon wieder den Sauerstoff, der zur ferneren Oxydation von zersetzten Vegetabilien dient. Somit kann der Lebensprocess in sich selbst unter Umständen fort dauern und daher auch in Gasen, die keinen Antheil am Stoffwechsel nehmen.

5) Die Mengen Stickgas, die CLOEZ und GRATIOLET bei ihren Versuchen über *Potamogeton lucens*, *P. perfoliatus*, *Najas maxima* fanden, halte ich für bloß eingeathmet und im Inneren der Pflanzen eingeschlossen gewesenen Stickstoff. Der Umstand, dass die natürliche Pflanze (der Versuch wurde mit *Potamogeton perfoliatus* angestellt) mehr Stickstoff bei der Analyse gab, als ähnliche Pflanzen, die 6 Tage länger Gas ausgegeben hatten, kann nicht als ein Beweis angesehen werden, dass der Stickstoff durch Zersetzung von einer organischen Materie herrühre; denn erstens ist die Vergleichung von zwei verschiedenen Pflanzenstücken, wegen Ungleichheit des Zelleninhaltes der Pflanzen, an und für sich ungenau, und ferner müssen Pflanzen, wenn sie Ammoniaksalze enthalten, bei dem Versuche durch Auslaugen stickstoffärmer gemacht werden, wenn sie auch gar keinen Stickstoff entwickeln. Wie leicht aber Ammoniak aus den Blättern von einer anderen Wasserpflanze (*Myriophyllum*), die ich untersuchte, austrat, soll weiter unten gezeigt werden.

6) halte ich die Angaben von CLOEZ und GRATIOLET, dass Wasserpflanzen,

im Widerspruche mit DE SAUSSURE's Lehre, im Dunkeln keine Kohlensäure entwickeln, für nicht genügend unterstützt. Die Kohlensäure, die sich in Wasserpflanzen durch die starke Absorption des Sauerstoffes, die ich unten darthun werde, fast ohne Zweifel bilden muss und sich nach meinen Versuchen auch wirklich bildet, ist in Wasser löslich.

7) CLOEZ und GRATIOLET geben an, dass das Gas aus Stämmen von Potamogeton und Ceratophyllum austritt, wenn man Mittelstücke heraus-schneidet, jedoch nur aus dem der Wurzel zugekehrten Schnitte, nicht aus dem der Spitze zugekehrten, und nehmen daher an, die Gase strömten in einer bestimmten Richtung von der Spitze nach der Wurzel. Diese Angabe beruht auf einer Täuschung in der Beobachtung. Die Ursache dieser Täuschung liegt darin, dass diese Beobachter nur den Austritt des Gases aus den Stammschnitten beobachteten und nicht weiter das Verhalten des Gases in den Blättern berücksichtigten. Bei Potamogeton crispus konnte ich mich leicht überzeugen, dass das Verhalten im Wesentlichen dasselbe ist, wie ich es an Myriophyllum beobachtete und weiter unten beschreiben werde.

8) Aus den Versuchen, die CLOEZ und GRATIOLET über Wasserpflanzen anstellten, zogen sie den Schluss: das Gas, das sich aus den Stämmen entwickelt, sei sauerstoffreicher an hellen Tagen als an dunkeln.

Dieser Schluss ist zwar nicht unrichtig, aber er gilt nur für den beschränkten Fall, dass das Gas zu derselben Tageszeit und bei demselben Gehalte an Kohlensäure in dem Wasser, worin die Pflanzen athmen, und bei derselben Beleuchtung des Himmels gesammelt werde.

Ich werde unten zeigen, dass der Sauerstoffgehalt von mehreren Factoren abhängt, und dass sich eine gewisse Regelmässigkeit im Steigen und Fallen dieses Sauerstoffgehaltes nachweisen lässt.

9) Habe ich einige der zweifelhaften Punkte, welche in der Untersuchung blieben, die ich im vorigen Jahre mit meinem Bruder gemeinschaftlich anstellte, zu lösen gesucht. So scheint es, dass sich in der That nach sehr sonnigem Wetter ein Unterschied im Sauerstoffgehalte des Gasinhaltes der Schösslinge und Wurzeln von Sparganium ramosum nachweisen lässt; er fiel nach Verlauf des Tages etwas höher aus, als nach Verlauf der Nacht. Ferner wurde, wie in dem im vorigen Jahre angestellten Versuche, die Kohlensäure, die durch die Wurzeln von Sparganium in die Blätter geführt wurde, im Inneren der Pflanze (in den weissen, nicht grünen Luftgängen) nicht zersetzt. — Die Gase, die wir im vorigen Jahre an Wurzeln von Typha bemerkten, haben sich im Laufe dieses Sommers bis Ende December nicht gezeigt, weshalb ich die Untersuchung über diesen Gegenstand auf den nächsten Sommer verschieben musste. Ueber das Austreten des Gases aus dem Centrum der Schösslinge habe ich indessen einige weitere Beobachtungen gemacht.

10) ROBIN's Ausspruch (s. oben S. 6), da er sich nicht auf neu ermittelte Thatsachen stützt, kann hier wohl unberücksichtigt bleiben.

11) Dass von den Stämmen getrennte Blätter in vieler Hinsicht sich ebenso verhalten, wie wenn sie sich auf der Mutterpflanze befinden, wie GARREAU angiebt, bestätigt sich durch viele meiner Versuche.

Es giebt aber auch bestimmte Verhältnisse, unter welchen sich sehr bedeutende Veränderungen im Athmungsprocesse zeigen, wenn man den natür-

lichen Zusammenhang der Organe gewaltsam stört, wie sich bei Versuchen mit *Typha-Schösslingen* herausstellte.

12) Wenn ich bisher keiner der früher angestellten, in dieses Gebiet einschlagenden Untersuchungen gedacht habe, so geschah dieses nicht aus Verkennung der Bedeutung derselben, sondern im Gegentheile aus dem Grunde, dass ich sie, und darunter besonders die Arbeiten DE SAUSSURE's, als bekannte Grundlagen, auf denen alle neueren Untersuchungen ruhen, betrachtete. Konnte ich dieselben im Allgemeinen bei dem geringen Umfange meiner Arbeit übergangen, so muss ich doch auf die Berücksichtigung einiger von DUTROCHET gemachten Beobachtungen speciell hinweisen.

DUTROCHET hat nämlich (*Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux* 1837. Cap. VII.) über *Myriophyllum spicatum*, über welches ich in diesem Sommer vorzugsweise Beobachtungen anstellte, schon angegeben, dass aus den Luftgängen, wenn man die Stämme durchschnitten hat, ein Gas austrete, das mehr Sauerstoff enthalten müsse als die atmosphärische Luft, weil glimmender Zunder lebhaft darin zu brennen anfing. Er hat ferner durch einen Versuch nachgewiesen, dass *Nymphaea lutea* in den Blättern eine Luft führte, die aus 18 Vol. Sauerstoff und 82 Vol. Stickstoff bestand. Die Luft des kriechenden Stammes enthielt 16 Vol. und die der Wurzeln 8 Vol. Sauerstoff. Aus anderen Versuchen hat er schon geschlossen, dass bei *Nymphaea* die Lufthöhlungen der Blätter mit denen des Stammes durch die im Blattstiele vorhandenen Luftgänge in Verbindung stehen. Bei *Myriophyllum* sah er, dass aus dem Querschnitte des Stammes kein Gas austrat, wenn die Pflanze in luftfreiem Wasser unter einer Oelschicht lag; die Pflanze starb unter solchen Umständen ab. DUTROCHET hat ferner den Satz aufgestellt, dass bei Pflanzen wie *Nymphaea*, *Hydrocharis*, deren Blätter auf dem Wasserspiegel schwimmen, das Gas, das sich im Blatte durch Zersetzung der eingesogenen Kohlensäure vermehrt und durch deren Zersetzung sauerstoffreicher wird, aus den Spaltöffnungen, die hier auf der Oberseite der Blätter liegen, in die Atmosphäre übergehe, während es, wenn er das Blatt ganz untertauchte, aus dem Durchschnitte des Blattstieles austrat, weil nämlich die Spaltöffnungen des untergetauchten Blattes durch eindringendes Wasser verstopft werden.

Versuche mit *Myriophyllum spicatum*.

Ich gehe nun zur Beschreibung der Versuche über, die ich im vorigen Sommer anstellte, um die Veränderungen zu ermitteln, welche die in den Pflanzenorganen eingeschlossene Luft durch den Wechsel des Wetters, der Intensität des Lichtes, und der gewöhnlichen Zustände der Atmosphäre überhaupt erleidet. Diese Versuche haben später auch einige andere unter künstlich gestellten Bedingungen ausgeführte und einige über Respiration der Pflanzen nach sich gezogen. Den grösseren Theil der Zeit habe ich dem Studium einer einzigen Wasserpflanze gewidmet.

Diese Pflanze ist *Myriophyllum spicatum* L., Cl. XXI. Ord. V. Linn. Fam. Haloragaceae Rob. Brw., die zu den Versuchen aus einem unmittelbar bei Leipzig gelegenen Teiche (Schimmels Teich) und als zweitem Standorte vor einer Schleusse an der Pleisse gesammelt wurde.

Diese Pflanze hat nämlich die Fähigkeit, aus dem Durchschnitte ihrer Luftgänge Gas zu entwickeln, in so hohem Grade, dass man sich dieses, wie ich weiter unten zeigen will, leicht verschaffen kann. Ausserdem bietet sie aber auch noch so beachtenswerthe Eigenthümlichkeiten im Bau und in der Vertheilung ihrer Stoffe dar, dass ich nach dem ersten Bemerken derselben nicht zweifeln konnte, dass sich an dieser Pflanze manche Erscheinungen des Pflanzenlebens in reinerer Gestalt zeigen würden, als an anderen Pflanzen. Es ist behufs der Darlegung dieser Behauptung die Pflanze auf der beige-fügten Tafel abgebildet; ich bemerke besonders, dass mit dieser Abbildung nicht der Bau der Pflanze in anatomischer Beziehung, sondern lediglich die Art der Versuche für diejenigen klar gemacht werden soll, die meine Versuche etwa wiederholen wollen.

Die Zeichnung zeigt in Fig. I. die Pflanze, Fig. VIII. den Querschnitt. Am Rande liegen (Fig. VIII. A.) wenige Reihen meist mit geröthetem Farbstoff gefüllter kleiner Zellen. B bezeichnet die darauf folgenden Reihen, etwa 4—5, von regelmässigem Zellgewebe; C die Scheidewände, zwischen welchen die leeren Räume E E . . . die Luftgänge andeuten. D ist die Marksicht. Der Länge nach sind die Luftgänge zwischen je zwei Knoten Fig. I. F.G. u. s. w. wie Röhren durchgehends offen; an den Knoten B.C.G.F.E. u. s. w. selbst sind sie zwar nicht luftdicht, aber doch einigermaassen

durch dichteres Gewebe und die in Form eines Kreuzes eindringenden Blattrippen, wie Fig. IX. es im Querschnitte zeigt, verstopft, so dass beim Strömen von Gasen sich hier einiger Widerstand findet. Sie sind in frisch vegetirenden und jungen Knoten mehr verstopft, als in älteren und absterbenden. A (Fig. I.) bezeichnet die Blüthenähren, a a a die Blüthen und Knospen und deren Boden, wo sie abgefallen sind, W die Wurzel.

Schon mit blossem Auge sieht man, dass die Luftgänge nicht mit Wasser gefüllt sind, man sieht mit der Lupe deutlich Wassertröpfchen in den Luftgängen liegen, die sich an den Wandungen der Luftgänge concav, wo sie nicht an die gegenüberliegenden Wände anstossen, convex zeigen. Die Wandungen der Luftgänge benetzen sich daher mit Wasser, ebenso wie Blätter und Stamm, von aussen.

I. Abtheilung der Versuche.

Zu Anfang dieses Sommers richtete ich die Aufmerksamkeit auf die Färbung der Pflanze. Man sieht an gesunden Exemplaren die Blätter hellgrün, die jungen Stämme grün, die unteren Stämme, überhaupt alle ältere Axengebilde schön rosenroth — blass carminroth. Dieses Roth geht in bräunlich Roth bis schmutzig Olivengrün oder Braun über. Der rothe Farbstoff findet sich häufig an den Spitzen junger Blätter, sowie an den Mittelrippen der Blätter. Mit dem Alter werden die Blätter olivengrün, schmutzig grün.

Unter dem Mikroskope sieht man (Fig. VIII.) die kleinen Zellen der Rindenschicht A meist roth gefärbt, in der Schicht B, in den einfachen Zellenschichten der Scheidewände C, und endlich in dem Markstrange D liegen einzelne mit rother Flüssigkeit gefüllte Zellen. Von den nicht rothen Zellen haben viele einen reichlichen grünen Inhalt. Ob alles Grün der grünen Zellen von Blatt und Stamm ein besonderer grüner Farbstoff ohne Chlorophyll, oder ein solcher neben Chlorophyll (Chlorophyll nach BERZELIUS) ist, kann ich noch nicht sagen; jedenfalls aber ist, mag Chlorophyll vorhanden sein oder nicht, die ganze Pflanze mit einem empfindlichen Farbstoffe durchdrungen und dadurch für den Chemiker gleichsam vorbereitet. Ich will diese Behauptung zunächst durch folgende nähere Bestimmungen rechtfertigen.

Farbstoff von *Myriophyllum spicatum*. Ich bezeichne hier als Farbstoff einen besonderen, noch unbekannten grünen Stoff, nicht das Chlorophyll. Legt man die Pflanze in kohlsaures Ammoniak, so nehmen alle Theile dadurch eine grüne oder bläulichgrüne Farbe an, und nach einiger Zeit unterscheiden sich die einzelnen Theile nur noch durch die Intensität dieser Färbung. Schneidet man einzelne Blätter ab, einzelne rein roth oder bräunlichroth gefärbte Internodien ohne Blätter, die jungen an und für sich schon grünen Aeste oder Zweigspitzen: alle nehmen durch Ammoniak, kohlsaures Ammoniak, kohlsaures Kali, Natron, Aetznatron, Aetzkali die grüne Färbung an, die viele rothe Blumenfarbstoffe dadurch annehmen.

Legt man, im Gegensatze zu vorigem Versuche, dieselben Theile, oder die ganze Pflanze mit allen Theilen in Säuren, so sieht man, mit theilweiser

Verdünnung der Farbe durch Auflösung des Farbstoffes, denselben Farbstoff sich röthen. Dabei widerstehen die Blätter am längsten, doch wird ihr Grün durch Einmischen von Roth bräunlich-grün, olivengrün. Essigsäure bewirkt diese Färbung langsam, schnell eine Mineralsäure; Kohlensäure lässt den Farbstoff unverändert.

Kocht man die Pflanze aus, so löst sich ein Theil des Farbstoffes in Wasser, die wässerige, kaum gefärbte, olivengrünliche Lösung bleibt nach lange fortgesetztem Durchleiten von Kohlensäure grünlich; Zusatz von Essigsäure, Weinsäure, Salzsäure röthet die Lösung. Diese geröthete Lösung wird durch Ueberschuss von Alkali wieder grünlich, diese durch Säureüberschuss wieder roth u. s. f. Der ausgekochte Farbstoff ist daher ein constanter Farbstoff, in Folge dessen die Pflanze wie ein Reagenspapier dient.

Diese Bemerkung hat aber in Bezug auf ihre natürlichen Verhältnisse grosses Interesse, denn sie lehrt uns, dass in allen durch diesen Farbstoff grünen Zellen keine freie Säure ausser Kohlensäure existiren kann, dass dagegen die rothen Zellen saure Flüssigkeiten einschliessen.

Damit ist zugleich ein thatsächlicher Beweis geliefert, dass überall, wo eine rothe Zelle neben einer grünen liegt, eine Zelle mit saurem Inhalte neben einer Zelle mit alkalischem oder neutralem Inhalte liegt.

Um nun zu sehen, ob der Inhalt in den grünen Zellen neutral oder alkalisch sei, schnitt ich ein schön rosenroth gefärbtes Stammstück zwischen zwei Stammwirteln aus; das blattlose Stück wurde nun mit destillirtem Wasser erhitzt. Sowie die Hitze so weit steigt, dass die Zellen zerstört werden, färbt sich der rothe Stamm grün. Der Inhalt der grünen Zellen muss daher durch den der rothen übersättigt worden sein.

Dieser Versuch über den Farbstoff beweist demnach, dass der Zelleninhalt der grünen Zellen basischer Natur sein muss, und dass dieser basische Inhalt in der Pflanze überwiegt.

Zur Ermittlung der Basen legte ich zerschnittene Stücke der Pflanze in Kalilauge, über der ein mit verdünnter Salzsäure befeuchteter Glasstab nicht rauchte. Unmittelbar, so wie die Blätter und Stammstücke das Zeichen der Einwirkung der Kalilauge durch die Veränderung der grünen Färbung ausdrückten, stiegen auch weisse Nebel auf. Hiernach macht jedenfalls ein Salz einer der Basen NH_3 , $\text{NH}_3 (\text{C}_2 \text{H}_2)_n$ etc. einen der Körper aus, die den gerötheten Farbstoff wieder grün färben, und es giebt nun die Färbung der Pflanze selbst davon Rechenschaft, dass in den grünen Zellen diese Basen nur in neutraler oder basischer Verbindung mit Kohlensäure oder anderen Säuren vorhanden sind.

So lange die Zellen unverletzt neben einander liegen, tritt die Reaction des grünen Farbstoffes oder Zelleninhaltes auf den rothen nicht ein. Durch Zerdrücken der Pflanze auf blauem und rothem Lackmuspapiere entstand nur eine undeutliche Reaction. Nach längerer Belastung der mit einem rothen oder blauen Lackmuspapiere zwischen zwei Glasplatten liegenden Pflanze mit einem schweren Gewichte zeigte sich eine schwache Bläuung auf dem rothen, aber auch umgekehrt eine schwache Röthung auf dem blauen. Durch die Siedehitze muss daher der basische Körper erst frei werden.

II. Abtheilung der Versuche.

Das Verhalten der Pflanze an ihrem Standorte, unter natürlichen Bedingungen. Bei Weitem die meisten Untersuchungen über das Verhalten der Gase in *Myriophyllum* stellte ich auf dem oben schon bezeichneten Teiche an, der durchgehends einen locker schlammigen Boden hat und sehr gleichmässig tief ist. Die Bestimmungen des Morgens früh sind meist mit Pflanzen an der Pleisse angestellt. Durchschnittlich hatten die Pflanzen 1 Meter Länge, die Stämme 3 Millimeter Durchmesser an den stärksten Stellen. Ich muss hier angeben, wie das Gas gewonnen wurde, da dieses bei anderen Methoden sehr mühsam ist. Die Pflanzen wurden mittels eines Hakens, den man unter die Wurzel schob, mit der Wurzel bis an den Wasserspiegel gezogen und etwa 1—2 Decimeter über der Wurzel mit einem scharfen Messer durchschnitten. Die durchschnittenen Enden, 4—6 auf einmal, steckte man in die mit dem Teichwasser gefüllten graduirten Röhrchen, wickelte dann, wobei die Pflanze stets unter Wasser gehalten wurde, von der Spitze des Stammes alle Zweige und Stämme spiralförmig zu einem Ballen und drückte diesen, so kräftig als möglich, bei wiederholtem Umlegen der Windungen vollständig aus. Die ganze Operation ist in wenig Minuten vollendet, und aus etwa 12—16 Stämmen erhielt man leicht 10 Cubikcentimeter Gas, das dann aus den Luftgängen austritt. In einigen wenigen Fällen hat man die Pflanzen, nachdem sie ebenso durchschnitten waren, langgestreckt im Wasser des Teiches liegen lassen und das Gas gesammelt, das nun ohne Druck oder sonstige Hilfsmittel von selbst aus den Luftgängen austritt. Meist tritt das Gas nur an 1 oder 2 Luftgängen aus. Zum Sammeln solchen Gases sind bei sehr hellem Wetter mehrere Stunden erforderlich. Wo unten solches Gas vorkommt, ist es als „freiwillig entwickeltes Gas“ bezeichnet.

Nach der hier beschriebenen Methode ist daher zu der Zeit, wo man das Gas der Pflanze entzog, jedenfalls ein Gas gewonnen, das genau den obwaltenden natürlichen Bedingungen entspricht, und dessen Beurtheilung daher nicht durch die Einflüsse von künstlich herbeigeführten Nebenumständen getrübt wurde. Ich führe hier nun zuerst alle Resultate der Untersuchung mit Angabe der Tageszeit auf. Die Bestimmungen beziehen sich nur auf Sauerstoff. Kohlensäure war nie zu $\frac{1}{2}$ p. c. zugegen. Ob geringe Mengen anderer Gase dem Stickstoffe, der als Rückstand nach der Absorption des Sauerstoffes übrig blieb, beigemischt waren, habe ich bis jetzt nicht untersucht.

Die Temperatur des Wassers schwankte vom Tage zur Nacht nur um wenige Grade. Die niedrigste Temperatur im Monat August erreichte kaum 17° C. und war meistens zwischen 20 und 25° C. Der Einfluss der Temperatur zeigte sich überhaupt erst bei künstlicher Abkühlung des Wassers von etwa 15° C. abwärts und bei Erwärmung des Wassers von 20° C. aufwärts. Veränderungen der Temperatur zwischen 15 und 20° schienen keinen merklichen Einfluss auszuüben.

In den folgenden Tabellen bedeutet:

O: Sauerstoff; N: Stickstoff.

Sonnig: solche Tage, wo Sonnenschein mit Unterbrechung durch zerrissene oder einzelne Wolken herrschte.

Bew.: solche Tage, an denen kaum einige Male die Sonne auf Augenblicke die Wolken durchdrang.

V. S.: den ganzen Tag bis zu der betreffenden Zeit voller Sonnenschein.

W. W.: wenn das Wasser den ganzen Tag meist durch weisse Wolken am Himmel beleuchtet war, d. h. wenn die Wolken besonders hell, nicht grau, waren.

Tg. zu v.: Tags zuvor; **Meh. T. zu v.:** Mehrere Tage zuvor.

M.: Morgens; **Mitt.:** Mittags; **Nchm.:** Nachmittags; **A.:** Abends; **N.:** Nachts.

Untg. Pf.: Untergetauchte Pflanze, wenn nur solche Pflanzen gewählt waren, die mit keiner Spitze den Wasserspiegel erreichten.

Bl. Pf.: Blühende Pflanze, oder fruchttragende, wenn nur solche Pflanzen gewählt waren, deren Blüthenähren über den Wasserspiegel hervorragten.

Die durch eine Klammer verbundenen Zeilen bedeuten, dass die Tageszeiten für ein und dasselbe Datum gelten.

Versuche in der				
1. Woche Aug.		Tageszeit.	Himmel.	O : N
Untg. Pf.		8 Uhr M. }	V. S.	20 : 80
Bl. Pf.		9 Uhr M. }	V. S.	20 : 80
Bl. Pf.		12 Uhr Mitt. }	Sonnig	30 : 70
Untg. Pf.		2 Uhr Mitt. }	Sonnig	30 : 70
Bl. Pf.		2 Uhr Mitt. }	W. Wolk.	30 : 70
Untg. Pf.		4 Uhr Nchm. }	W. Wolk.	32 : 70
Bl. Pf.		5 Uhr M. }	Tg. zuv. W. Wolk.	18 : 82
Untg. Pf.		6 Uhr M. }	Tg. zuv. W. Wolk.	20 : 80
Untg. Pf.		2 Uhr Mitt.	W. Wolk.	33 : 67
2. Woche Aug.				
Untg. Pf.		3 Uhr Nchm.	Sonnig }	30 : 70
Bl. Pf.		3 Uhr Nchm.	Sonnig }	31 : 69
Untg. Pf.		4 Uhr M.	Tg. zuv. Bew. }	11 : 89
Bl. Pf.		4 Uhr M.	Tg. zuv. Bew. }	11 : 89
Untg. Pf.		1 Uhr Mitt.	Bew. }	20 : 80
Bl. Pf.		3 Uhr Nchm.	Bew. }	21 : 79
Untg. Pf.		3 Uhr Nchm.	W. Wolk. }	21 : 79
Bl. Pf.		5 Uhr Nchm.	W. Wolk. }	22 : 78
Untg. Pf.		4 Uhr Nchm.	Sonnig }	35 : 65
Bl. Pf.		4 Uhr Nchm.	Sonnig }	33 : 67
Untg. Pf.		5 Uhr Nchm.	Sonnig }	33 : 67
Bl. Pf.		5 Uhr Nchm.	Sonnig }	34 : 66
Untg. Pf.	12. Aug.	5 Uhr A.	V. S.	30 : 70
Untg. Pf.	12. Aug.	6 Uhr A.	V. S.	31 : 69
Untg. Pf.	12. Aug.	8 Uhr A.	V. S.	26 : 74
Untg. Pf.	13. Aug.	8 Uhr M.	V. S.	21 : 79
Bl. Pf.	13. Aug.	9 Uhr M.	und auch	22 : 78
Untg. Pf.	13. Aug.	9 Uhr M.	Tags zuvor seit	20 : 80

Untg. Pf.	13. Aug.	9 $\frac{1}{2}$ Uhr M.	Mittag fast	21 : 79
Untg. Pf.	13. Aug.	10 Uhr M.	voller Sonnenschein	20 : 80
Untg. Pf.	14. Aug.	8 Uhr M.	Bew.	20 : 80
Untg. Pf.	14. Aug.	8 Uhr M.	Bew.	21 : 79

3. Woche August

Untg. Pf.	16. Aug.	5 Uhr A.	Bew. Regnig.	30 : 60
Untg. Pf.	17. Aug.	11 Uhr M.	V. S. Blauer Himmel	30 : 60
Untg. Pf.	18. Aug.	6 Uhr A.	V. S. Blauer Himmel	28 : 76
Bl. Pf.	18. Aug.	6 Uhr A.	V. S. Blauer Himmel	26 : 75
Untg. Pf.	19. Aug.	3 Uhr M.	Seit 3 Tagen v. S.	11 : 89
Untg. Pf.	19. Aug.	3 Uhr M.	Nacht ohne Regen	10 : 90
Untg. Pf.	20. Aug.	8 Uhr M.	V. S.	20 : 80

4. Woche August

Untg. Pf.	22. Aug.	7 Uhr M.	Bew.	18 : 82
Untg. Pf.	22. Aug.	12 Uhr Mitt.	Sonnenblicke	28 : 72
Untg. Pf.	22. Aug.	5 $\frac{1}{2}$ Uhr Nchm.	Gewitter	24 : 76
Untg. Pf.	23. Aug.	12 Uhr Mitt.	Bew.	24 : 76
Untg. Pf.	25. Aug.	9 Uhr M.	Sonnig	23 : 77
Untg. Pf.	26. Aug.	5 $\frac{1}{2}$ Uhr M.	V. S.	11 : 89
Untg. Pf.	29. Aug.	7 Uhr M.	V. S.	21 : 79

1. Woche September

Untg. Pf.	1. Sept.	7 Uhr M.	Regen.	20 : 80
Untg. Pf.	1. Sept.	2 Uhr Mitt.	Bew.	24 : 76
Untg. Pf.	7. Sept.	12 Uhr Mitt.	V. S.	30 : 70
Bl. Pf.	7. Sept.	12 Uhr Mitt.	Blauer Himmel.	31 : 70

Freiwillig entwickeltes Gas. Die über der Wurzel durchgeschnittenen Pflanzen liegen horizontal im Wasser. Man sammelt 3—4 Cub.-Centim. Gas von vielen Pflanzen zugleich.

		Mittags	Himmel.	O : N
Untg. Pf.	Aug.	12—2 Uhr.	Sonnenschein.	33 : 67
Bl. Pf.	Aug.	2—3 Uhr.	Sonnenschein.	32 : 68
Untg. Pf.	Aug.	2—4 Uhr.	Sonnenschein.	33 : 67

Schluss aus der II. Abtheilung der Versuche. In dem natürlichen Verlaufe der Vegetation findet man, dass der Sauerstoffgehalt des Gases, das sich aus den Luftgängen durch Drücken der Pflanzen austreiben lässt, — und dieses ist das Gas, das sich bis zu der betreffenden Tageszeit darin bei natürlicher Vegetation ansammelt, — bei einem und demselben Zustande des Himmels von Morgens früh bis Mittags hin steigt, hier ein Maximum erreicht und dann wieder gegen den Abend sinkt. Bei trübem Himmel steigt dieser Gehalt an Sauerstoff ebenfalls; doch würden die Zahlen, graphisch als eine Curve dargestellt, von der Curve der ersten Zahlen umschrieben werden; das Maximum bei trübem Himmel liegt etwas tiefer.

Hieraus ergibt sich eine Uebereinstimmung mit der Angabe von CLOEZ und GRATIOLLET, dass bei hellem Wetter der Sauerstoffgehalt höher ausfalle, als bei trübem; doch zeigen obige Zahlen, dass dies nur für den beschränkten Fall gilt, wenn man die Sauerstoffgehalte zu derselben Tageszeit vergleicht. Bei der geringen Anzahl von Bestimmungen des Sauer-

stoffgehaltes dieses Gases, und der Vernachlässigung in Berücksichtigung der Tageszeit ist den französischen Beobachtern das oben ausgesprochene Gesetz völlig entgangen. Ich werde nun weiter darthun, dass noch andere Factoren auf den Sauerstoffgehalt des Gases Einfluss haben.

III. Abtheilung der Versuche.

Die obigen Versuche liegen alle in der Tageszeit von Morgens mit Sonnenaufgang bis Abends 8, höchstens 9 Uhr. Der Teich, auf dem die Pflanze am leichtesten zu gewinnen war, war früh Morgens und Abends spät nicht zugänglich, und ich habe hier nur einmal M. 5 1/2 Uhr Gas gesammelt. Die Pflanzen in der Pleisse waren mir weiter entfernt und nur mit Mühe in hinreichender Menge zu gewinnen. Daher war ich für die Nachtzeit auf künstliche Versuche angewiesen. Die unversehrten Pflanzen mit der Wurzel, auf dem Teiche vom Schlamm befreit, wurden Abends spät in grossen Gläsern in dem Wasser, worin sie wuchsen, nach Hause genommen und blieben darin die Nacht liegen. Dann wurden die Stämme, eben so wie oben, in einer Entfernung von etwa 1 Decimeter von der Wurzel durchschnitten und, wie beschrieben, ausgedrückt. Auf diesem Wege sind folgende Zahlen für Nachts in den Pflanzen vorhandenes Gas gewonnen. Ich bemerke indessen, dass, nach den weiter unten folgenden Versuchen mit *Nymphaea* zu schliessen, diese Behandlung sehr wahrscheinlich keine Aenderung in der Natur der Pflanze zur Folge hatte. Diese Versuche sind in den letzten Wochen des Monats August 1852 angestellt worden.

Nachtgase.	Zeit.	O : N
Untg. Pf.	10 Uhr A.	18 : 82
Bl. Pf.	9 Uhr A.	26 : 84
Untg. Pf.	11 Uhr N.	22 : 88
Bl. Pf.	12 Uhr N.	14 : 86
Untg. Pf.	12 Uhr N.	13 : 87
Bl. Pf.	1 Uhr N.	15 : 85
Untg. Pf.	2 Uhr N.	14 : 86
Bl. Pf.	11 Uhr N.	23 : 77
Untg. Pf.	12 Uhr N.	14 : 86
Bl. Pf.	4 Uhr M.	9 : 91
Untg. Pf.	3 Uhr M.	10 : 90
Untg. Pf.	3 Uhr M.	9 : 91
Untg. Pf.	4 Uhr M.	11 : 89
Untg. Pf.	4 Uhr M.	9 : 91

Schluss aus der III. Abtheilung. Des Nachts sinkt der Sauerstoffgehalt des Gases, es scheint sein Minimum von der Dauer der Dunkelheit abzuhängen und daher gegen Sonnenaufgang einzutreten.

IV. Abtheilung der Versuche.

Durch die Versuche dieser Abtheilung sollte bestimmt werden, wie weit überhaupt der Sauerstoff innerhalb der Pflanzen absorbirt wird. Man

liess die Pflanzen in einem grossen Glashafen in Teichwasser 2 Tage und 2 Nächte in einem dunklen Schranke stehen, drückte sie aus und analysirte das erhaltene Gas. Das Gas enthielt Kohlensäure und hatte nach deren Entfernung die Zusammensetzung:

Sauerstoff	3
Stickstoff	97
	100.

Schluss aus der IV. Abtheilung der Versuche. Man sieht hieraus, dass in der Pflanze ein bedeutender Oxydationsprocess, in Folge dessen Sauerstoff gebunden und Kohlensäure gebildet wird, fortdauert; fast der ganze Sauerstoff ist absorbirt.

V. Abtheilung der Versuche.

Die hierher geordneten Versuche hatten den Zweck, zu bestimmen, in wie weit der Sauerstoffgehalt von dem Grade, in welchem das Wasser mit Kohlensäure gesättigt ist, abhängt. In allen vorigen Versuchen lebten die Pflanzen in demselben Fluss- oder Teichwasser, welches sie an ihrem Standorte umgab. Bei den folgenden Versuchen setzte man sie in dasselbe Wasser, oder später, da sich kein Unterschied bei Brunnenwasser zeigte, in Brunnenwasser, das man durch Einleiten von gewaschener, aus carrarischem Marmor entwickelter Kohlensäure sättigte. Oftmals geschah dieses so, dass man die Nacht hindurch, von 10 oder 11 Uhr Abends an, den Kohlensäurestrom einleitete und so die Pflanzen bereits die Nacht hindurch in mit Kohlensäure sich sättigendem Wasser liegen liess. Nachts treten aus durchschnittenen Stämmen nur unwesentlich Gasblasen aus. Morgens früh 4 Uhr schneidet man eine oder mehrere Pflanzen etwa bei U (Fig. I.) durch, bindet, wo mehrere Pflanzen angewandt werden, die Stämme zusammen und steckt die Enden in mit demselben Wasser gefüllte graduirte Röhrchen. Die Pflanzen liegen vorsichtig ohne Bruch spiralförmig aufgerollt in hohen Bechergläsern von weissem Glase und stehen frei an der Luft vor Fenstern, wo sie bis 12 Uhr Mittags von der Sonne direct getroffen werden. Man sieht überall, wo die Pflanzen durch einen Insectenstich oder sonstige Umstände verletzt sind, aus der Wunde lebhaft Gas austreten. Wo die Pflanzen kräftig, frischgrün sind, erhält man oft in 1 — 2 Stunden aus einem einzigen Stamme 10 Cub.-Centim. Gas. Selbst in dem mit Kohlensäure gesättigten Wasser enthält das Gas nie 1 p. c. Kohlensäure. Die Gase werden vor der Bestimmung des Sauerstoffes mit Kalilauge geschüttelt.

Versuche vom 15. August Morgens mit einer Pflanze mit Blüthenähre. Das Gas steigt aus einer Wunde in dem Knospenwinkel auf. Die Pflanze steht in natürlicher Lage aufrecht, d. h. die Spitze nach oben; übrigens ist sie spiralförmig gelegt.

	Gesammelt von	Temperatur des Wassers.	O : N
A. Gas aus einer seitlichen Wunde unter einer jungen Knospenähre	8—9 Uhr	18° C.	34 : 66
		2*	

	Ges. von	Temp. d. Wassers.	O : N
Unmittelbar folgendes Gas	9—10 Uhr	19° C.	45 : 55
Unmittelbar folgendes Gas	10—11 Uhr	21°	56 : 44
Unmittelbare Folge	11—4 Uhr	23°	76 : 24

B. Abgeschnittener Zweig, 4 Decimeter lang. Das Gas, welches aus dem Durchschnitte des Stammes austritt, wird gesammelt. Der Versuch beginnt am 15. August Morgens.

	Ges. von	Temp. d. Wassers.	O : N
Gas aus dem Durchschnitte eines unfruchtbaren Zweiges	9—10 Uhr	19°	50 : 50
Unmittelbar folgendes Gas	10—11 Uhr	21°	56 : 44
Folge von vorigem Gase	11—4 Uhr	23°	70 : 30

Dieselben Pflanzen bleiben nun die Nacht hindurch in demselben Wasser liegen; man leitet keine Kohlensäure ein. Sie entwickeln von 6 Uhr A. des 15. Aug. bis zum anderen Morgen kein Gas.

Versuche vom 16. August. Himmel von früh bis 9 Uhr leicht bewölkt, selten Sonnenblicke, Licht von hell leuchtenden weissen Wolken am östlichen Himmel. Derselbe abgeschnittene Zweig von vorigem Tage und ein neuer unfruchtbarer Zweig.

	Gas gesammelt von	Temperatur des Wassers.	O : N
Zweig vom 15. Aug.	9—10 Uhr	18—20°	35 : 65
Neuer Zweig	9—10 Uhr	18—20°	41 : 59

Um 10 Uhr regnet es; mit dem Verschwinden der weissen Wolken wird die Gasentwicklung sehr träge, hört indessen nicht völlig auf.

Versuche vom 17. August. Himmel blau, von früh an voller Sonnenschein. Die Entwicklung der Gase aus den Durchschnitten von Stämmen geht ebenfalls träge vor sich und hört Mittags, wo das Wasser 30° warm geworden ist, ganz auf. Die Blätter haben das frischgrüne Ansehen verloren, sind etwas olivengrün geworden. Das Gas ist von einem durchschnittenen Zweige, etwa 4 Decimeter lang, entwickelt.

	Gesammelt von	Temperatur des Wassers.	O : N
Zweig	5—8 Uhr	18—22°	27 : 73
	8—12 Uhr	22—30°	74 : 26

Zweiter Versuch am 17. August. Schon bei den früheren Versuchen war häufig beobachtet, dass mit starker Erwärmung des Wassers im hellen Lichte die Blätter sich mit unzähligen kleinen Gasbläschen äusserlich bedecken, wobei oft die Entwicklung aus den unten durchschnittenen Stämmen aufhört. Man hatte früh Morgens 4 Uhr eine Pflanze, deren Stamm dicht über der Wurzel abgeschnitten war, ganz schlank aufrecht in natürlicher Stellung in ein mit kohlensaurem Wasser gefülltes Gasrohr von mehr als 3 Centimeter innerer Weite gebracht, und sammelte durch einen auf die Spitze der Pflanze gestellten leichten Glastrichter und ein darüber aufgehängtes graduirtes Rohr das aussen an die Blätter sich in kleinen Bläschen anhängende Gas. Unten aus dem Schnitte entwickelte sich zu der Zeit, wo die Blätter sich mit Gasbläschen bedeckten, kaum noch Gas. Das Gas, an grünen Blättern äusserlich anhaftend, durch Bewegen mit einem Drahte vereinigt und gesammelt von

Morgens 8—11 Uhr, bestand aus 84 : 16

Versuche vom 18. August. Blauer Himmel, voller Sonnenschein, Luft windig, daher kühler. Alle Pflanzen hören gegen 10 Uhr auf, Gas zu entwickeln. Man setzt sie eine Stunde in einen dunkeln Schrank und leitet während dieser Zeit von Neuem Kohlensäure ein. Das Wasser hatte nur 18—20° Wärme, da der Wind kühlte. Um 11 Uhr bringt man sie wieder in's Fenster; sie entwickeln wieder bis 1 Uhr, dann hört die Entwicklung auf. Man stellt sie abermals eine Stunde in's Dunkle und leitet Kohlensäure ein. Um 2 Uhr bringt man sie wieder in's Fenster. Die Sonne scheint nicht mehr direct auf die Gläser, sie bekommen das Licht vom östlichen rein blauen Himmel; alle Gasentwicklung hört auf.

O : N

Gas entwickelt vor 10 Uhr 50 : 50

von 11—12 Uhr 75 : 25

Versuche vom 19. August. Himmel Nachmittags rein blau, starker Wind. Von 12—2 Uhr, bei Mangel an direct auffallendem Sonnenlichte beleuchtet vom östl. rein blauen Himmel, entwickelt von 15 durchschnittenen Zweigen und Stämmen kein einziger. Nachmittags bei gleichfalls rein blauem Himmel, starkem Winde und etwas kühler Luft werden die Gefässe in einen Garten gebracht, wo die Sonne wieder direct auf die Pflanzen scheint. Die Gasentwicklung tritt ein. Man wirft, um den Einfluss der Temperatur zu ermitteln, Eisstücke in's Wasser. Bei wiederholten Versuchen zeigt sich, dass Eis durch die Abkühlung die Gasentwicklung bei blauem Himmel völlig aufhebt. Entfernte man das kalte Wasser und ersetzte man es durch warmes, so trat die Gasentwicklung wieder ein.

Versuche vom 22. August. Himmel von früh bis Mittag grau-weiss wolzig. Die Entwicklung geht lebhaft von Statten. Bis 11 Uhr haben sich von zwei Pflanzen in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser von jeder 6—10 Cub.-Cent. Gas gesammelt. Es sind die Gase von den beiden Pflanzen für sich untersucht, um zu sehen, ob der Entwicklungsgang in zwei verschiedenen Pflanzen sehr abweicht. Die Gase bestehen für:

O N

O : N

Pflanze I. 11 Uhr 35,0 65,0, gesammelt von 11—1 Uhr 50 : 50

Pflanze II. 11 Uhr 34,5 65,5, gesammelt von 11—1 Uhr 49 : 51

Mittags nach 1 Uhr entsteht ein heftiges Gewitter; so wie die Wolken am östlichen Himmel dunkelblau werden und die weissen Ränder verlieren, hört alle Gasentwicklung auf. In dem aufgesammelten Gewitterregenwasser kommt auch keine der Pflanzen wieder zum Entwickeln.

Versuche vom 23. August. Himmel trübe, weisse Wolken, wenig Sonnenblicke bis Mittags. Man sammelt von früh bis Mittags von einer Pflanze 5 Cub.-Cent. Gas. Zugleich aus vier Stämmen ein zweites Quantum von 9 Cub.-Centimeter.

Gesammelt von

O : N

Aus dem einen Stamme 6—12 Uhr Morgens enthält 40 : 60

Aus den vier Stämmen 6—12 Uhr Morgens enthält 42 : 58

Schlüsse aus der V. Abtheilung der Versuche. A. In mit Kohlensäure gesättigtem Wasser entwickeln die Pflanzen aus den Luftgängen ein Gas, das viel reicher an Sauerstoff ist, als das in gewöhnlichem

Teichwasser entwickelte Gas. Der höchste Sauerstoffgehalt in *Myriophyllum* an natürlichem Standorte liegt in der Nähe des Sauerstoffgehaltes der in Wasser gelösten Luft; gefunden wurden 33—35 p. c. Mit einem ziemlich gleich hohen Sauerstoffgehalte tritt in dem künstlich mit Kohlensäure beladenen Wasser die erste Entwicklung früh Morgens auf; die von einer und derselben Pflanze in unmittelbarer Folge entwickelten Gasmengen steigen nun in Einem fort bis auf 76 p. c., wobei gegen Abend die Pflanzen zu entwickeln aufhören.

B. Das an den Blättern, während die Entwicklung aus den Luftgängen sich verlangsamt, aussen entwickelte und in Bläschen denselben anhaftende Gas ist sauerstoffreicher, als das aus den Luftgängen austretende.

C. Abkühlung des mit Kohlensäure gesättigten Wassers auf etwa 8° bringt die Entwicklung in directem Sonnenlichte zum Stillstehen; dasselbe haben schon CLOEZ und GRATIOLET angegeben.

D. Das von dunkelblauen Wolken reflectirte Licht ist eben so unwirksam auf die Pflanzen, wie das vom blauen Himmel reflectirte Licht bei Schutz vor direct auffallendem Sonnenlichte (durch eine ganze Strasse, die von Mittags 12 Uhr an die Sonne abhielt).

Einige besondere Beobachtungen. Im Laufe meiner ganzen Arbeit mit *Myriophyllum* hat es sich oft wiederholt, dass die Pflanzen zu entwickeln aufhörten und sich in der Entwicklung je nach dem Alter und anderen Umständen verschieden zeigten. Sehr junge Pflänzchen entwickeln meist mit grösserer Ausdauer, aber spärlich und in sehr kleinen Blasen ihr Gas. Von Morgens bis Mittags konnte ich oft das Wasser bis auf 30° blos durch die Sonne erwärmen lassen, wenn ich nicht künstlich abkühlte. Bei dieser Temperatur des Wassers hörte die Gasentwicklung meist auf, die grüne Farbe der Blätter nahm einen Stich in's Olivengrüne an, ähnlich wie, wenn man die Blätter mit verdünnten Säuren übergiesst, unter der ersten Einwirkung der Säuren, und die Pflanzen schienen auf dem Wege zum Absterben, besonders wenn sie zweimal so behandelt wurden. Zugleich bedeckten sich die Blätter, so wie sich die Luftgänge langsamer entwickelten, mit zahllosen Gasbläschen. Bei Weitem in den meisten Fällen konnte ich mich davon überzeugen, dass das Aufhören der Entwicklung daher kam, dass sich die Luftgänge in dem einen und dem anderen Internodium bei der Erschlaffung des Gewebes in der grossen Wärme ganz mit Wasser gefüllt hatten; dieselben waren also verstopft, und so gaben die Blätter ihren Gasinhalt durch die Spannung des Gases im Inneren wieder nach Aussen von sich. Zuweilen gelang es, die Pflanzen wieder zum Entwickeln zu bringen, wenn man sie an einen kühleren Ort in's Dunkle stellte, Kohlensäure durch das Wasser (etwa eine Stunde lang) leitete und sie dann wieder in's Sonnenlicht brachte. Eben so oft jedoch versagte dieses Experiment. Fast ohne Ausnahme gelang es aber, wenn man die gefüllten Internodien abschnitt.

VI. Abtheilung der Versuche.

Beim Ueberblick über die vorigen Versuche bemerkt man, dass die erste Gasmenge, die von Morgens früh mit Sonnenaufgang bis einige Stunden später sich entwickelte, wenn die Pflanzen in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser lebten, ziemlich constant mit 34 p. c. Sauerstoffgehalt auftrat, während die später folgenden Mengen noch mehr enthielten. Es verstand sich schon aus diesem Umstande von selbst, dass die Zahl 34 hier nur durch die übrigens in diesem Sommer sehr gleichförmigen Bedingungen so constant wurde. Dennoch habe ich einen besonderen Versuch angestellt, um hierüber Gewissheit zu erlangen.

Den 26. August holte ich früh um 5 Uhr eine reichliche Menge Pflanzen, die unmittelbar nach dem Einsammeln in einem grossen weissen Glase nach Hause gebracht wurden. In das Wasser wurde sogleich das Gasleitungsrohr eines thätigen Kohlensäureentwicklungsapparates eingesetzt und das Gas aus den durchschnittenen Stämmen gesammelt. Während aber in den vorigen Versuchen 1 Stamm oder höchstens 4 zu den Versuchen dienten, und davon in etwa 2 Stunden 6—10 Cub.-Centim. Gas gesammelt wurden, so wurden in diesem Versuche 40 Stämme auf einmal angewandt und die Zeit, während welcher die Fractionen vom Gase aufgesammelt wurden, auf 10 Minuten bis $\frac{1}{2}$ Stunde verkürzt. Man sammelte in unmittelbarer Folge, in Zwischenräumen von 10 Minuten bis $\frac{1}{2}$ Stunde, von $6\frac{3}{4}$ — $7\frac{1}{2}$ Uhr Morgens:

	Gesammelt von	O : N
1. Fraction	6 Uhr 45 Min. bis 6 Uhr 55 Min.	19 : 81
2. Fraction	6 Uhr 55 Min. bis 7 Uhr 5 Min.	27 : 73
3. Fraction	7 Uhr 5 Min. bis 7 Uhr 10 Min.	28 : 72
4. Fraction	7 Uhr 10 Min. bis 7 Uhr 30 Min.	50 : 50

Zu derselben Zeit Morgens früh, etwa $5\frac{1}{2}$ Uhr, wo diese Pflanzen von dem Teiche geholt wurden, sammelte ich das in der Tabelle (oben S. 17) mit dem betreffenden Datum schon angeführte Gas, und bestimmte es an demselben Morgen. Es enthielten die Pflanzen danach 11 p. c. Sauerstoff.

Schluss aus der VI. Abtheilung. Es tritt bei den Versuchen in künstlich mit Kohlensäure gesättigtem Wasser keine abnorme Erscheinung ein, der Sauerstoffgehalt im Inneren der Pflanze wächst, von seinem natürlichen Gehalte 11 p. c. allmählig steigend, bis zu Höhen, die sich schon in den vorigen Versuchen finden.

VII. Abtheilung der Versuche.

In den Gasen, die von blühenden und nicht blühenden Pflanzen in freier Natur und in Gläsern gezogen wurden, haben sich bis jetzt keine Differenzen gefunden. Aber die Versuche boten Gelegenheit, eine Thatsache zu beobachten, die von besonderem Interesse ist, wenn man sie auf die Versuche bezieht, welche DE SAUSSURE mit Blüthen in Sauerstoff anstellte.

Er fand hierbei bekanntlich, dass Blüthen im Allgemeinen viel Sauerstoff bedürfen. Stellt man nun blühende Exemplare in sehr weite Glasröhren, von $1\frac{1}{2}$ '' Durchmesser und darüber, die länger sind, als die ganze Pflanze mit der Wurzel, so dass sie gerade so wie in freier Natur aufrecht stehen (man muss die Wurzel unten befestigen), und taucht nun die Aehren auch unter, so beobachtet man, dass die Aehren, so wie überhaupt die unverletzte Pflanze in Wasser unter 18° Temperatur fast gasdicht sind. Mit der Reife der Blüthen werden die Axillen derselben undicht, und bei staubfädentragenden Blüthen sieht man aus jeder Axille Gasblasen austreten, so wie es in Fig. VII. durch die mit L bezeichneten birnförmigen Bläschen angedeutet ist. Die Blüthen vertragen die Untertauchung höchstens von Morgens früh bis Mittags, werden dann welk und fallen zusammen.

Schluss aus der VII. Abtheilung d. V. Zu der Zeit, wo die Staubfäden völlig entwickelt sind, etwas früher und später, befinden sich die Blüthen bei Tage in einem Strome sauerstoffreichen Gases, das, wie die Haupttabelle zeigt, in freier Natur auf dem Teiche den Sauerstoffgehalt der in Wasser gelösten Luft hat. Sollte die Absorption des Sauerstoffes von Blüthen, wenn sie bei Wasserpflanzen auch existirt, nicht die Functionen der Blüthen beschleunigen, so dass dadurch der Befruchtungsact schneller vorüber geht, als es sonst geschehen würde? Zweckmässig erscheint wenigstens dieses bei den vielen Missgeschicken, denen die Blüthen, die über den Wasserspiegel hervortreten, ausgesetzt sind. Vielfaches Untertauchen durch Wellenschlag macht, sobald die Blüthen sich mit Wasser benetzen, die Befruchtung unmöglich.

VIII. Abtheilung der Versuche.

CLOEZ und GRATIOLLET haben aus einem Versuche, indem sie aus einem Potamogeton ein Mittelstück ausschnitten und sahen, dass das Gas nur aus dem unteren, der Wurzel zugekehrten Schnitte austrat, geschlossen, dass ein besonderer Gasstrom existire, der von den Blättern nach der Wurzel gehe, letzterer den Sauerstoff zuführe und hier zu Oxydationen verwandt werde. Untersuchung über das Verhalten von Blättern, das, wie ich sogleich darlegen werde, den Vorgang am deutlichsten bei Myriophyllum kennen lehrt, haben diese Beobachter gar nicht angestellt.

Aus der erwähnten Beobachtung haben die beiden französischen Gelehrten einen völlig unwahrscheinlichen Schluss gezogen. Sie vernachlässigten die Beobachtung der rein physikalischen Umstände, welche den Gasaustritt nach der einen oder anderen Seite mehr oder weniger beschleunigen.

Das Verhalten der Blätter von Myriophyllum ist sehr leicht zu beobachten. Die Abbildungen auf der beigefügten Tafel dienen der folgenden Beschreibung der darin wahrzunehmenden Erscheinungen.

Man setze eine ganze Pflanze in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser in's Sonnenlicht, und durchschneide den Stamm. Sobald einige Zeit Gasblasen aus dem Durchschnitte des Stammes austreten, schneide man von einem der jüngsten Blätter ein einzelnes einfaches Blattfiederchen (Fig. 2) ab.

Man beobachtet schon mit blossen Auge, dass eine feine Perlenschnur von Gasbläschen, so wie sie die Figur zeigt, aus dem Durchschnitte aufsteigt. Unter dem Mikroskope sieht man leicht, dass die Bläschen aus dem Inneren des Blattfiederchens kommen; der Durchmesser der Bläschen erscheint unter dem Mikroskope auch viel geringer, als der des Durchschnittees des sich conisch hierher erweiternden Blattfiederchens. Durchschneidet man nun weiter die Mittelrippe des Blattes, so sieht man (Fig. III.) die Gasperlenschnur aus diesem Schnitte austreten. Durchschneidet man den Stamm so, dass die in ihm an einem Knoten eintretenden 4 Stränge, die den vertical gedachten Stamm hier in Form eines Kreuzes (Fig. IX.) horizontal durchziehen, alle 4 verletzt werden, so sieht man innerhalb des Stammes aus jedem der 4 Stränge eine feine Perlenschnur von Gas aufsteigen, so wie dies Fig. VI. zeigt. Hiermit ist nun dargethan, dass jedes einzelne einfache Blattfiederchen Gas entwickelt, dieses in die Mittelrippe ergiesst, während es die Mittelrippe in den Stamm führt. Schneidet man den Stamm mit zwei Schnitten so durch, dass ein Wirtel, wie Fig. V., herausfällt, an dem die Stammstücke über und unter den Blättern gleich lang sind, so tritt allerdings aus dem unteren der Wurzel zugekehrten Schnitte das Gas leichter aus, als aus dem oberen. Schneidet man ein einzelnes einfaches Blattfiederchen unten von der Mittelrippe ab und dann von demselben auch noch die Spitze, so tritt das Gas aus dem Schnitte von der Mittelrippe aus.

Hiernach könnte man leicht zu dem Schlusse gelangen, den die oben erwähnten französischen Beobachter aus ihren Versuchen mit einem Stamme zogen. Allein es liegt der Umstand bei Blättern blos darin, dass die Blätter ihre Gefässbündel in das untere, nicht in das obere Internodium einsenken, da ja das obere erst entsteht, wenn die Blätter darunter schon vorhanden sind. Der Vorgang ist daher einfach der: Jedes Internodium wird durch die 4 Blätter, die es am oberen Ende trägt, mit Gas versorgt, oder jedes Blattverticillum führt das Gas in das Internodium, aus dem es herausgewachsen ist.

Dass aber auch im Stamme, im Widerspruche mit der Angabe von CLOEZ und GRATIOLET, kein Strom von oben nach unten, oder überhaupt nach einer bestimmten einseitigen Richtung stattfindet, sondern in der ganzen Pflanze nur ein gespanntes, nach allen Richtungen und somit auch nach unten drückendes Gas im Lichte sich sammelt, beweist man leicht, indem man an verschiedenen Orten verletzte Pflanzen beobachtet. Man kommt aus den folgenden Beobachtungen vielmehr zu der Ansicht, dass in der gesunden Pflanze die durch das Einsaugen von Gas entstehenden Strömungen von mannigfaltigen Richtungen und jedenfalls ganz anderer Art sein mögen, als in verletzten Pflanzen.

Schneidet man von einer unten geschlossenen, aufrecht stehenden Pflanze die Spitzen der Zweige ab, so tritt das Gas an allen Durchschnitten aus. Schneidet man von einigen Blättern die Spitzen ab, so treten auch hier feine Perlschnüre von Gas aus. Aus Blüthenähren, abgeschnittenen Blattmittelnerven sieht man, ebenso wenn der Stamm etwa 2—3 Fuss tiefer abgeschnitten ist und hier aus seinen Luftgängen Gas in Menge entwickelt, ebenfalls Gas austreten; stellt man ganz unverwundete junge Pflan-

zen mit den Wurzeln in's Sonnenlicht und schneidet nun mehrere Wurzelfasern durch, so tritt das Gas aus den zerschnittenen Wurzelfasern aus. Kurz jede genaue Prüfung lehrt, dass das Gas aus jeder Wunde austritt, in der gesunden, unverletzten Pflanze daher auch nach allen Richtungen hin gepresst wird.

Schluss aus der VIII. Abtheilung. Im Lichte füllen sich die Blattfiederchen mit Gas. Da sie sich nach der Mittelrippe hin conisch erweitern, so tritt das Gas wie in einem innen mit Wasser benetzten Glasrohre von der Spitze nach dem weiteren Theile hin, und durch die Natur des Ortes, wo sich die Mittelrippe in den Stamm senkt, in das unmittelbar unter dem Blatte befindliche Internodium. In allen Internodien spannt sich nun das Gas, es tritt aus, und zwar dahin, wo es dem geringsten Widerstand begegnet, wo der hydrostatische Druck weniger entgegenwirkt, geringere Verstopfung der Luftgänge durch eine geringere Zahl Blattwirtelknoten stattfindet, oder bei gleicher Zahl Knoten die Knoten weniger verdichtet sind. Allerdings sind die jungen Knoten dichter als die älteren. Alle Knoten sind aber nicht absolut gasdicht, sondern es kann das Gas aus einem Internodium in das andere, mag es über oder unter dem ersteren liegen, übertreten, sobald nur eine Oeffnung irgendwo das Gas nach dieser Richtung hinzuströmen bestimmt. Die Pflanze sammelt bei Tage so viel Gas in sich an, dass sich das Gas Tags stärker spannt, als bei Nacht. Das Austreten des Gases ist eine diesem Zustande entsprechende rein physikalische Erscheinung.

Ganz besonders deutlich sind diese Erscheinungen, wenn man die Pflanzen in Wasser setzt, das mit comprimierter Kohlensäure gesättigt ist, so wie es unten zu den Versuchen B diente. Hier kann man die Erscheinungen jeden Augenblick hervorrufen, nur ist das durch die Pflanze streichende Gas dann fast bloß unveränderte Kohlensäure, gemischt mit dem zur Zeit in der Pflanze vorhandenen Gase.

IX. Abtheilung der Versuche.

Versuche mit Wurzeln. Alle Versuche, die ich mit Wurzeln in Wasser oder in nur mit Kohlensäure gesättigtem Wasser anstellte, gaben dasselbe Resultat; im Lichte wie Nachts traten wenige, oft gar keine Gasbläschen aus. Ich erhielt nie so viel Gas, dass eine Untersuchung möglich gewesen wäre.

X. Abtheilung der Versuche.

Leider muss ich hier von vorn herein bemerken, dass die wenige Zeit, die mir Berufsgeschäfte zu Untersuchungen übrig lassen, nicht ausreichte, diese Versuche an verletzten Pflanzen, welche unter abnormen Lebensbedingungen vegetirten, zu vollenden. Ich glaube, dass man von der Fortsetzung derselben noch besonders einige Aufschlüsse erwarten darf. Ich gebe die Resultate hier nur als vereinzelte Thatsachen, deren Zusammenhang zu ermitteln ich mir für den nächsten Sommer vorbehalte.

A. Versuche mit Wurzeln und Stämmen in kohlen- saurem Gas.

Wurzeln. 2. Septbr. Ein Wurzelbündel mit 9—12 Stämmen, die in 4 Zoll Entfernung vom Ansatz der obersten Wurzelfasern durchschnitten sind, wird in ein Cylinderglas gesteckt, so, dass die durchschnittenen Stämme 2 Zoll weit aus der Mündung hervorragen. Das Ganze wird mit Wasser gefüllt und unter Wasser umgekehrt, die Mündung des Cylinders steht nach unten und wird mittels einer flachen Schale, die sich beim Ausheben mit Wasser füllt, gesperrt. Man stellt die Vorrichtung so fest, zieht mit der Zange die durchschnittenen Stämme hervor und steckt sie in die Oeffnung der vorher mit Wasser gefüllten und umgekehrten Röhren, um das austretende Gas in letzteren zu sammeln. Nun leitet man Kohlensäure unter den Cylinder, bis alles Wasser ausgetrieben ist und die Wurzelfasern, die einen dichten Besen von 9 Zoll Länge bilden, zwar nass sind, aber nicht mehr in Wasser tauchen, sondern unmittelbar mit der Kohlensäure in Berührung kommen.

Bei Nacht wie bei Tage entwickelt sich auf solche Weise unmittelbar, so wie der umgekehrte Cylinder mit Kohlensäure gefüllt ist, aus allen Gas, das lebhaft und in grossen Blasen auftritt. Doch niemals, sei es im Lichte oder in der Nacht, dauert die Entwicklung fort; sie hört binnen 2 Stunden unfehlbar auf. Ich erhielt von den stärksten Wurzeln höchstens 2—3 Cub.-Cent. Gas. Das Gas, das austritt, enthält reichlich Kohlensäure, und es scheint bis jetzt, als fülle sich die Wurzel mit Kohlensäure, bis der vorher darin enthaltene Gasinhalt verdrängt ist, und als höre nun, da die Kohlensäure nur als in Wasser gelöst eintritt, die Gasentwicklung auf; denn so wie keine in Wasser schwer löslichen Gase mehr vorhanden sind, wird die Kohlensäure, die durch die Wurzeln geht, nur als in Wasser gelöst hindurchgehen und somit überhaupt kein Gas mehr erscheinen.

Das Gas, das hier eben so wie bei durchschnittenen Stämmen in allen vorhergehenden und folgenden Versuchen aus den Luftgängen austrat, hatte in zwei Bestimmungen, nach Entfernung der Kohlensäure, die folgende Zusammensetzung (I. ist von Wurzeln, unmittelbar so wie sie vom Teiche in Wasser mitgenommen waren, II. von Wurzeln, die in demselben Gefässe mehrere Tage auf einem Zimmer im Schatten aufbewahrt gewesen waren):

I.		II.	
Sauerstoff	15,0	Sauerstoff	1,0
Stickstoff	85,0	Stickstoff	99,0
100,0.		100,0.	

Um zu sehen, ob hierbei Gas nach Aussen gegen Kohlensäure ausgetauscht wird, wiederholte ich Abends 10 Uhr den Versuch mit starken Wurzeln. Ich liess, nachdem aus den Luftgängen von Pflanzen, die in der Dämmerung desselben Tages vom Teiche geholt waren, 3 Cub.-Cent. Gas gesammelt waren und diese Entwicklung stockte, die Kohlensäure, worin die Wurzel lag, nachdem diese unter Wasser aus dem Cylinder gezogen worden, durch Kali absorbiren, und untersuchte beide auf ihren Sauerstoffgehalt. Die 3 Cub.-Centim. enthielten eine geringe Menge Kohlensäure, die durch Kali entfernt wurde. Die Rückstände bestanden aus:

Gas, aus dem Inneren der Wurzel durch die Luftgänge ausgetreten:

Sauerstoff 9

Stickstoff 91

100,

Gas, aussen nach Absorption der CO_2 übrig geblieben:

Sauerstoff 18

Stickstoff 82

100.

Derselbe Versuch, wiederholt am 22. Sept. Abends 10 Uhr. — Um 8 Uhr Abends werden frische Pflanzen vom Teiche geholt. Sie liegen bis 10 Uhr im Wasser von demselben Teiche. Man zerschneidet um 10 Uhr die Stämme und steckt 4 Wurzeln in den Cylinder wie oben, füllt diesen mit Wasser und treibt dieses, während der Cylinder mit Wasser gesperrt ist, durch Kohlensäure aus, bis diese unten aus der Mündung austritt und die Wurzel nass in Kohlensäuregas liegt. Das aus den kurz abgeschnittenen Stämmen von der Wurzel heraustretende Gas beträgt bis 11 $\frac{1}{2}$ Uhr 5 Cub.-Centim. Nun stockt die Entwicklung. Man analysirt das Gas. Es enthält 0,5 Cub.-Centim. Kohlensäure; nach Entfernung derselben durch Kali besteht der Rest aus:

Sauerstoff 12

Stickstoff 88

100.

Man füllt nun einen Kolben schnell mit dem mit Kohlensäure schon gesättigten Sperrwasser, schiebt dieselben Wurzeln hinein und leitet noch eine halbe Stunde lang Kohlensäure durch das Wasser, das nun diese Wurzeln ganz bedeckt. Dann wird der Kolben umgekehrt, der Hals mit Wasser gesperrt und der Kolben mit den Wurzeln gekocht, um zu sehen, was für Gas nun aus den Wurzeln ausgetrieben wird. Man kocht, bis die Kugel des Kolbens, die etwa ein halbes Liter Inhalt hat, ganz mit Gas gefüllt ist, fängt dieses Gas sogleich auf, und lässt die Kohlensäure durch Kali absorbieren. Es bleiben 4 Cub.-Centim. Gas unabsorbirt; dieses besteht aus:

Sauerstoff 5

Stickstoff 95

100.

Versuche mit Stämmen, die genau eben so, in derselben Vorrichtung behandelt wurden. Die Stämme sind mit den unverletzten Spitzen im Cylinder nach oben gerichtet, aus der nach unten gerichteten, durch Wasser gesperrten Mündung sind die abgeschnittenen Stämme ein Paar Zoll lang herausgezogen eben so wie die Wurzeln im vorigen Versuche aufwärts gezogen, ohne sie zu brechen, und in die zum Aufsammlen des Gases bestimmten, mit Wasser gefüllten Röhren gesteckt.

Nachts 11 Uhr am 1 Sept. werden 2 Pflanzen mit Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist, umgeben, früh am 2. Sept. wird so viel Kohlensäure dazu geleitet, dass die Kohlensäure unter der Mündung hervorquillt und der nasse Stamm ganz in Kohlensäuregas liegt. Der Himmel ist bis Mittags weisswolkig mit Sonnenblicken, also nach den früheren Versuchen

sehr günstig. Man sammelt bis Mittag 9 Cub.-Centim. Gas. Davon absorbiert Kali

5,0 Cub.-Centim. = 55 p. c. Kohlensäure.

Der Rest, nach Entfernung der Kohlensäure, bestand aus

Sauerstoff 8,0

Stickstoff 92,0

100,0.

Schluss. Man sieht, dass die Kohlensäure von Wurzeln und beblätterten Stämmen direct aufgenommen wird. Die leichter als Luft in Wasser lösliche Kohlensäure treibt schnell die in den Höhlungen der Pflanzen vorhandenen Gase aus und mischt sich ihnen, eben so wie es in Glasröhren geschehen würde, wieder bei. Das constante Stocken der Entwicklung kann eben darin seinen Grund haben, dass, nachdem die in Wasser schwer löslichen Gase ausgetrieben sind, die Kohlensäure nur als in Wasser gelöst hindurchgeht. Die Gase, die durch Kohlensäure ausgetrieben werden, hatten nach dem Entfernen der eingemischten Kohlensäure stets eine Zusammensetzung, wie sie ihnen zu gleicher Tageszeit in freier Natur zukommt. Durch das Sieden im letzten Versuche sieht man den Sauerstoff schneller absorbiert werden als bei gewöhnlicher Temperatur. Von dem Gase, das die Pflanzen enthalten, geben sie, indem sie Kohlensäure einathmen, einen Theil direct durch das Zellgewebe nach Aussen; es geht nicht das ganze Gas durch die Luftgänge.

B. Versuche mit Wasser, das comprimirt Kohlensäure enthielt. Man hat einen Apparat, der zur Bereitung des kohlensauren Trinkwassers dient, worin die Kohlensäure mit einigen Atmosphären Druck comprimirt wird, zu Hülfe genommen. Das ausströmende Wasser, wenn es 5—6 Stunden nach der Bereitung ausströmt, sprudelt stark und hält die Kohlensäure einige Zeit so fest, dass das Wasser säuerlich schmeckt. Man steckt die Pflanzen in so hohe Gefässe, dass sie kaum mit der sich über solchem Wasser ausscheidenden Kohlensäure in Berührung kommen, also ganz von dem Wasser, das mit comprimirt Kohlensäure gesättigt ist, umspült werden und darin schwimmen. Uebrigens ist die Vorrichtung dieselbe, wie vorhin, nur ist hier auch das Sperrwasser dasselbe mit comprimirt Kohlensäure gesättigte. Die Wurzeln geben eine kurze Zeit bei Tage wie bei Nacht Gas, hören aber dann auf.

Drei Ellen lange blattreiche Stämme, vorsichtig zusammengerollt, werden am 23. Sept. Abends 10 Uhr bei Kerzenlicht, wie soeben angegeben, behandelt. Sowie der Cylinder mit dem kohlensauren Wasser gefüllt und die Durchschnitte der Stämme unter die Sperrflüssigkeit, ohne dass Luft in den Cylinder trat, gebracht waren, trat fast stürmisch aus den Luftgängen Gas aus. Die einzelnen Blasen fliessen fast zu einem Gasstrahle zusammen, und man sammelt in sehr kurzer Zeit 9 Cub.-Centim. Gas, unmittelbar danach als zweite Fraction noch 6 Cub.-Centim. Beide Fractionen werden nun in graduirte Röhrchen umgefüllt und mit Kali geschüttelt. Es bleiben

von den 9 Cub.-Centim. unabsorbirt übrig 0,4 Cub.-Centim.

- - 6 - - - - 0,2 - -

Schluss. Hier ist das Gas fast reine Kohlensäure, beigemischt ist derselben nur eine Spur des vorher in der Pflanze enthaltenen Gases. Es ist wichtig, zu bemerken, dass die Pflanze weit mehr als 0,6 Cub.-Centim. Gas einschliesst, dieses muss daher, da das aus den Luftgängen mittels der massenhaft eingesogenen Kohlensäure nur zum geringsten Theile ausgespült wurde, beim Eintritte der Kohlensäure sogleich gegen diese ausgetauscht und in das die Pflanze umgebende Wasser diffundirt sein.

Dasselbe Resultat wurde am 14. Septbr. früh Morgens bei Sonnenschein erhalten. Ich erhielt hier das enorme Quantum von 50 Cub.-Cent. Gas aus 5 Stämmen, wovon der grössere Theil in Zeit von einer Stunde (von 6¹/₂ bis 7¹/₂ Uhr Morgens) durch die Pflanze hindurchging. Bei späteren Wiederholungen fielen diese Quantitäten sehr ungleich, aber stets sehr gross aus; das Verschwinden des Sauerstoffes und des Stickstoffes gegen Kohlensäure in dem aus den Luftgängen austretenden Gase blieb constant. Die Pflanzen am 14. Septbr., nachdem sie früh in der ersten Stunde stürmisch Gas entwickelt hatten, entwickelten von da an (11 bis 12 Uhr Mittags) den Rest bei günstigem Himmel träge (eine in blos mit Kohlensäure gesättigtem Wasser daneben stehende Pflanze entwickelte lebhaft). Ueber der Pflanze, in dem Cylinder, der sie einschliesst, sammelt sich die Kohlensäure an, die sich unter dem Drucke der gewöhnlichen Atmosphäre nun aus dem künstlich damit übersättigten Wasser ausschied. Alle Blätter bedecken sich äusserlich mit Gasbläschen, die emporsteigen und sich dem kohlen sauren Gase beimischen. Diese Kohlensäure nimmt daher das Gas auf, das von den Pflanzen nach Aussen abgesondert wird, da der einzige andere Austritt, die Luftgänge, wie schon vorhin angegeben, nur den geringsten Theil ausgegeben hatten. Bis Mittags hatte man die Vorrichtung ruhig stehen lassen. Man sammelte nun, nachdem das Gas aus den Luftgängen untersucht war, auch das Gas, das über den Pflanzen sich angesammelt hatte, und fand es, nachdem man die Menge Kohlensäure hatte durch Kali absorbiren lassen, wonach 3 Cub.-Centim. blieben, die übrigens ein Wenig Luft enthielten, welche den Pflanzen beim Einsetzen in das Wasser anhing, bestehend aus:

Sauerstoff 60

Stickstoff 40

100

Das Gas der Luftgänge, das übrig blieb, als die aus den 5 Stämmen durch die Luftgänge entwickelten 50 Cub.-Cent. mit Kali von der Kohlensäure befreit waren, hatte die folgende Zusammensetzung, wie hydropneumatisches Gas:

Sauerstoff 33

Stickstoff 67

100

Schluss hieraus. Man sieht, dass, während die Luftgänge Gas aussenden, auch die Blätter besonders Sauerstoff nach Aussen gegeben haben. Die ganze Gasmenge, die aussen sich sammelte, kann indessen auch hier wieder durch Verstopfen der Luftgänge erscheinen; wenn die Entwicklung aus den Luftgängen stockte, so zeigte es sich hier sehr

deutlich, dass Anfüllen der Luftgänge mit Wasser, das mit der Kohlensäure eindrang, die Ursache war.

C. Versuche mit einigen anderen Gasen, die man bis jetzt für indifferent für das Pflanzenleben hält.

Es werden Abends spät in der Zeit vom 12. bis 30. Septbr. Wurzeln und auch Stämme, ebenso wie sie oben unter A und B behandelt wurden, in Cylinder gebracht. Man füllt diese, nachdem in einem Cylinder, seien es mehrere Wurzeln oder mehrere Stämme, mit Wasser eingesetzt sind und die Vorrichtung umgekehrt und mit Wasser gesperrt ist, alle in der Weise ganz voll mit Gas, dass die Pflanzen zwar nass bleiben, aber nicht mehr mit Wasser, sondern mit dem Gase in directer Berührung sind. Die Gase waren.

- 1) Reiner Sauerstoff.
- 2) Sumpfgas (natürliches).
- 3) Oelbildendes Gas, aus Alkohol dargestellt.
- 4) Kohlenoxydgas, aus Oxalsäure dargestellt.
- 5) Wasserstoff, durch Schwefelsäure und Zink entwickelt.
- 6) Stickstoffoxydul, aus salpetersaurem Ammoniak dargestellt.

Alle Theile entwickeln, so wie sie mit diesen Gasen in Berührung kommen, etwas Gas. Dann tritt eine Stockung ein. Leitet man dann Kohlensäure gasförmig dazu, so beginnt wieder für eine kurze Zeit die Entwicklung, die bei Wurzeln, sei es bei Nacht oder Tage, bald wieder aufhört.

Stämme in den reinen Gasen hörten auch bei Tage meist ganz auf, Gas aus den Luftgängen auszugeben. Leitete man dann aber etwas Kohlensäure dazu, so entwickelte sich bei Wasserstoff, ölbildendem Gase ein mit Explosion abbrennendes Gas, alle oben angeführten Gase traten aber, wenn auch in geringen Mengen, sowohl in den beblätterten Stamm, als auch in die Wurzeln ein, und zwar in letztere sehr schnell. Bis jetzt habe ich nur den Sauerstoff in einigen solcher explosiven Gase bestimmt; die sehr wichtige Bestimmung des Stickstoffgehaltes in diesen Gasen konnte ich bis jetzt nicht leisten.

1) 12. Septbr., Abends 5—10 Uhr. Eine Wurzel mit Wasserstoff umgeben liefert aus den Luftgängen der Stämme 3 Cub.-Centim. Gas, von dem Kali mit Gallussäure keine Spur absorbirt. Die Lösung bleibt auch farblos. Der Rückstand brennt wie reiner Wasserstoff. (Man sehe oben, wo sich findet, dass gasförmige Kohlensäure auch nur Stickgas austrieb.)

2) Stämme. Fünf 1 $\frac{1}{2}$ Fuss lange junge Stämme entwickeln bis Abends 10 Uhr 30 Cub.-Centim. Gas; es brennt an einer Flamme wie Wasserstoff ab.

Dieselben Stämme bleiben nun in der unberührten Vorrichtung den 14. Septbr. im Sonnenlichte. Man darf annehmen, dass durch Entfernen des vorigen Gases alles in den Luftgängen vorher enthaltene Gas ausgespült war. Sie entwickeln als erste Fraction von früh bis 7 $\frac{1}{2}$ Uhr Morgens ein mit Explosion entzündliches Gas, bestehend aus:

Kohlensäure	0,0
Sauerstoff	15,0
Stickstoff	} 85,0
Wasserstoff	

 100,0.

Zweite Fraction von 7 1/2—11 Uhr Morgens, ein entzündliches Gas, bestehend aus:

Kohlensäure	0,0
Sauerstoff	17,0
Stickstoff	} 83,0
Wasserstoff	

 100,0.

Verfuhr man mit Stämmen ebenso wie vorhin und ersetzte das Wasserstoffgas durch Stickstoffoxydul, Kohlenoxyd, Sumpfgas, ölbildendes Gas, so bekam man nachher, wenn man etwas Kohlensäure dazu leitete, stets die Gase in unverändertem Zustande nebst Beimischung von Sauerstoff und Stickstoff wieder; die Kohlenwasserstoffe brannten mit deutlichem Knall, das Kohlenoxydgas mit seiner blauen Flamme.

Gegen einander verhielten sie sich so, dass das Stickoxydulgas ebenso lebhaft durch die Pflanzen ging wie Kohlensäure. Beide Gase verhalten sich hinsichtlich der Gasmengen, die sogleich aus Wurzeln und Stämmen durch sie ausgetrieben werden, gleich, ebenso ist es mit der Dauer der Entwicklung.

Die übrigen Gase werden durch diese beiden, die die löslichsten sind, ausgetrieben; umgekehrt werden diese beiden durch jene nicht ausgetrieben, oder doch nur in geringer Menge. Die Auflöslichkeit des Gases in Wasser spielt hierbei eine bedeutende Rolle, doch geht Wasserstoff, hiermit im Gegensatze, trotz seiner geringen Löslichkeit auch sehr leicht durch die Pflanze.

Auch Gemische von Stickstoffoxydul, Kohlenwasserstoffen und Wasserstoff gehen durch die Pflanzen.

Man liess Abends am 12. Septbr. zwei beblätterte Stämme im Gemische von ölbildendem Gase und etwas Kohlensäure stehen. Gewöhnliches Brunnenwasser als Sperrwasser. Das unmittelbar und bis zum anderen Morgen ausgetriebene Gas wurde verworfen und ein neues graduirtes Rohr auf die durchschnittenen Stammenden gesetzt. Himmel bis Nachmittags weisswolkig. Man sammelt 6,9 Cub.-Centim. Gas. Das Gas enthält wenig Kohlensäure; nach deren Absorption durch Kali

blieben 6,6 Cub.-Centim.

Kali mit Gallussäure absorbirt noch 4,5 - - Sauerstoff

und es bleiben brennbarer Rückstand 2,1 - -

Dieser Rückstand brennt mit der Flamme des Leuchtgases. Der Stickstoff wurde nicht in diesem Rückstand bestimmt.

Ich verspreche mir von einer quantitativen Untersuchung, die ich über diese Erscheinungen nächsten Sommer ausführen werde, manche Aufschlüsse. Für jetzt muss ich mich damit begnügen, die Thatsache nachgewiesen zu haben, dass alle obigen Gase durch die Pflanze von Aussen nach Innen

sowohl durch Wurzel wie beblätterten Stamm aufgenommen werden. Daraus folgt auch nothwendig, dass vom Sumpfgase die Wurzeln in der Natur etwas aufsaugen, weil sie im Schlamm damit in Berührung kommen, doch muss diese Menge beschränkt werden, wenn Kohlensäure und leichter als Sumpfgas lösliche Gase in der Wurzel gegenwärtig sind.

Versuche mit Sauerstoffgas. Abends 10 Uhr am 25. Septbr. steckte ich wie oben durchschnittenen Wurzeln und Stämme, jede für sich, in Cylinder und füllte diese mit Sauerstoffgas, so dass die Pflanzen nicht im Wasser, sondern im Gase lagen. Der Cylinder mit den Wurzeln bekam zugleich $\frac{1}{12}$ vom Volum des Sauerstoffs, der mit dem Stamme $\frac{1}{3}$ vom Volum des Sauerstoffs an Kohlensäure. Die Wurzeln und Stämme liessen sogleich Gas austreten. Bis zum Morgen des folgenden Tages hatten sich aus den Luftgängen der durchschnittenen Stämme einige Cubikcentimeter Gas entwickelt. Indessen ist auch hier die Entwicklung ins Stocken gerathen; sie schritt nach der ersten lebhaften Entwicklung langsamer fort und kam dann zum völligen Stillstand.

D. Versuche über die vorstehenden Gaseinathmungen mit Anwendung von ausgekochtem Wasser. Abends am 22. Sept. verschaffte ich mir frische Pflanzen. Früh Morgens am 23. um 4 Uhr kochte ich grössere Mengen Wasser aus und liess dieses bis 6 Uhr unter einer Schicht Oel abkühlen.

1. Setzte ich nun einige Pflanzen mit durchschnittenen Stämmen in dieses ausgekochte Wasser, indem ich die Oelschicht rasch abspülte, nach dem Einsetzen mit der Pipette etwas Wasser aus dem Gefässe entfernte und wieder mit Oel übergoss. — Keine Pflanze lässt Gas austreten.
2. Stellte ich sechs ähnliche Pflanzen in gewöhnliches Brunnenwasser. Das Gefäss steht neben vorigem und dem folgenden unter denselben äusseren Einflüssen. Alle geben bis Nachmittags 2 Uhr Gas.
3. Stellte ich mehrere Pflanzen in ausgekochtes Wasser, übergossen mit Oel, und sättigte nachher das Wasser unter dem Oel mit Kohlensäure. — Die meisten Pflanzen entwickeln gar nicht, einige träge. Das Wasser dringt in die Luftgänge ein und hindert den Gasaustritt mechanisch.
4. Sättigte ich, indem das Gasleitungsrohr vom Kohlensäureentwicklungsapparate durch eine hohe Oelschicht hindurch in das ausgekochte Wasser taucht, dieses mit Kohlensäure. — Die Pflanzen werden in ein solches Gefäss, wie unter 1. angegeben, gebracht. Sie fangen binnen einer Stunde alle an Gas zu entwickeln, und geben von drei bis vier 2 — $2\frac{1}{2}$ Fuss langen blattrreichen Zweigspitzen 4 — 7 Cub. Centim. Gas in der Zeit von früh Morgens bis Mittags. Es ist bis Mittag fast ununterbrochen ein mässiger Strom Kohlensäure durch das Wasser geleitet, mit der Vorsicht, dass die hohe Oelschicht immer nur durch einzelne Blasen durchbrochen, das Wasser immer von der Atmosphäre abgeschlossen blieb. Dieses, zu Mittag untersucht, bestand aus:

4,0 Cub.-Centm. gesammelt,	
durch Kali absorhirt.	1,2 - - - Kohlensäure

durch Kali mit Gallussäure absorbirt 1,2 Cub.-Centim. Sauerstoff
Unabsorbirt 1,6 - - Stickstoff.

Nach Abzug der CO_2 ist $\text{N} : \text{O}$.

Sauerstoff 43
Stickstoff 57

100

Anmerkung 1. Nach Abzug der Kohlensäure bleiben 2,8 Cub.-Cent. Gas. Das Volum Gas, das in den angewandten Pflanzen Platz hat, ist grösser als dieses.

5. Verfuhr ich eben so wie bei 3., nur mit der Abänderung, dass von Morgens bis 12 Uhr Mittags mit dem Kohlensäurestrom ein Strom Wasserstoff hindurchgeleitet wurde. Das aus den Luftgängen ausgetretene Gas, zu Mittag von drei beblätterten Stammspitzen von 1—2 Fuss Länge abgenommen, beträgt 5,8 Cub.-Centim. und besteht aus:

5,8 Cub.-Cent. gesammelt,
durch Kali absorbirt . . . 1,4 - - Kohlensäure
Kali + Gerbsäure absorb. 2,6 - - Sauerstoff
Bleiben unabsorbirt 1,8 - - Wasserstoff + Stickstoff.

Die 1,8 Cub.-Centim. werden ins Eudiometer gebracht und mit reinem Sauerstoff gemischt. Im Eudiometer nahmen diese ein:

19 Theilstriche

58 - nach dem Zumischen von Sauerstoff

43 - nach dem Verpuffen

10 Theilstriche verschwunden.

Von diesen 10 Theilstrichen sind zwei Drittel Wasserstoff. Das obige Quantum von 1,8 Cub.-Centim. Rest enthielt daher ungefähr 0,6 Cub.-Centim. Wasserstoff. Nach Abzug der Kohlensäure im obigen Gase hat man daher die Zusammensetzung:

Sauerstoff 59
Wasserstoff 15
Stickstoff 26

100

Anmerkung 2. Nach Abzug der der Pflanze zugeführten Kohlensäure und des Wasserstoffes bleiben 3,7 Cub.-Centim. Das Volum Gas, das innerhalb der Pflanzen Platz hat, ist gewiss etwas grösser oder ungefähr eben so gross.

Am folgenden sehr trüben Tage entwickelten beide Pflanzen nicht mehr.

Schluss. In diesen Fällen ist deutlich nachgewiesen, dass die Kohlensäure fast zur Hälfte des entwickelten Gases unzersetzt durch die Pflanze ging. Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass in derselben Zeit gleich beschaffene Pflanzen, die in gewöhnlichem Brunnenwasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist, offen an der Luft stehen, eben so viel und mehr Gas geben, dem nicht 1 p. c. Kohlensäure beigemischt ist, das aber über 34 p. c. Sauerstoff enthält. Ein zu schnelles Hindurchgehen des Gases kann demnach hier nicht Ursache sein, dass Kohlensäure unverändert hin-

durchging. Für den Rest des Gases, nach Abzug der Kohlensäure, bleibt es nach diesen Versuchen noch zweifelhaft, ob es der innerhalb der Pflanze enthaltene Gasgehalt ist, der durch die Kohlensäure bloß ausgetrieben wurde, oder ob zu dem darin enthaltenen Stickstoffe der Sauerstoff durch Zersetzung eines Theiles Kohlensäure hinzugekommen ist. Somit ist es auch noch zweifelhaft, ob das Verhältniss von O : N ein von der Zersetzung der Kohlensäure oder von Einathmungserscheinungen, Austausch des Gasinhaltes der Pflanze (so wie dieser in dem Augenblicke war, als man die Pflanze aus dem lufthaltigen Wasser in das vorher ausgekochte und mit Kohlensäure gesättigte setzte) gegen die äussere Kohlensäure abhängig war. Dagegen zeigt der zweite Versuch mit Wasserstoff, dass dieser mit der Kohlensäure durch die Pflanze hindurchging.

Am 25. Septbr. früh um 6 Uhr wurde der vorige Versuch wiederholt. Man stellt die Pflanzen in ausgekochtes Wasser in einen Kolben, taucht die Mündung mit dem Stengel unter ausgekochtes Wasser, das mit einer Oelschicht bedeckt ist; die beblätterten Theile liegen in der Kugel des Kolbens. Nun leitet man etwas Kohlensäure in den Kolben, doch so, dass alle Blätter in Wasser liegen.

In einen zweiten Kolben leitet man Wasserstoff und Kohlensäure.

Bis 10 Uhr dichter Nebel, dann klarer, heiterer Himmel. Es tritt auch keine Spur Gas aus, während im Brunnenwasser, sobald die Sonne durchbricht, dicht neben vorigen Pflanzen stehende andere sogleich und noch Nachmittags im Reflexe weisser Wolken fortentwickeln. Man nimmt um 12 Uhr eine Pflanze aus dem ersten Kolben und legt sie in Brunnenwasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist. Nach einer halben Stunde entwickelt sie Gas bis Nachmittags.

Schluss. Hiernach scheint zum Austritte des Gases die in Wasser gelöste Luft wenn nicht nothwendig, doch sehr förderlich. Reine Kohlensäure ging in der kurzen Zeit der hellen Beleuchtung eben so wenig wie Kohlensäure mit Wasserstoff hindurch.

Die beiden letzten Versuche mit *Myriophyllum*. Die vorigen Versuche zusammen genommen, besonders aber die Erscheinungen des Verschluckens von Gasen, die wir bis jetzt für indifferent für die Pflanzen halten, führten mich dahin, über die Zersetzung der Kohlensäure in dieser Pflanze noch zwei besondere Versuche anzustellen. Wenn man den Versuch mit Stickstoffoxydul bei Nacht und bei Tage anstellt, sieht, in wie grossen Mengen Kohlensäure aus mit comprimierter Kohlensäure beladenem Wasser, Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas durch die Pflanze hindurchgeht, und so zu der Ueberzeugung kommt, dass die Pflanze alle diese Gase aus der Lösung in Wasser förmlich einsaugt; wenn man besonders darauf achtet, wie diese Erscheinungen auffallend werden, wenn die Gase in Wasser beträchtlich löslich sind, wie Stickstoffoxydulgas, das sich fast genau so wie Kohlensäure in dieser Beziehung verhält: so schien diese Pflanze besonders geeignet zu sein, über die Zersetzung der Kohlensäure insofern noch ein für die weiter beabsichtigten Versuche nützliches Resultat zu versprechen, als es hier möglich war, die Capacität der inneren Höhlungen auszumessen und mit dem Volum der ganzen Pflanze, so wie mit dem des entwickelten Sauerstoffes und Stickstoffes zu vergleichen.

War dieses aber möglich, so hoffte ich darin das Mittel zu finden, Zersetzungen der Kohlensäure durch die Pflanzen so leiten zu können, dass man alle in Betracht kommende Gasmengen quantitativ bestimmen könnte, was sich dann auch noch weiter auf Gemische von Kohlensäure mit brennbaren Gasen würde ausdehnen lassen.

A. Den 26. Septbr. früh um 6 Uhr kochte ich in mehreren Kolben Wasser lange Zeit und übergoss sie mit einer dicken Oelschicht. Darauf wurde das Wasser auf 17° abgekühlt und unter der Oelschicht vorsichtig mit luftfreier Kohlensäure gesättigt. Nun wurden in einen Kolben 8 Stück hellgrüne, $1-1\frac{1}{2}$ Fuss lange junge Stämme von *Myriophyllum* eingesetzt und der Kolben schnell mit dem so vorbereiteten Wasser gefüllt, umgekehrt, und in einer gläsernen Schale die Mündung mit dem nämlichen Wasser gesperrt und das Sperrwasser mittels einer Oelschicht von der Luft abgeschlossen. Man leitet nun noch 5 Cub.-Centim. Kohlensäure in den Kolben, die sich, um das Wasser damit nachzusättigen, oben über den Pflanzen im Kolben befinden. Offenbar muss nun, wenn die Kohlensäure zersetzt wird, zuerst durch den entwickelten Sauerstoff das Gas, das in der Pflanze noch von ihrem Zustande vor dem Versuche her enthalten ist, herausgeschoben und somit der Stickstoffgehalt nach und nach immer kleiner werden, auch kleiner ausfallen als bei Versuchen, bei denen die Luft zu dem Wasserspiegel Zutritt hat, denn jetzt enthält das Wasser zur Austauschung gegen den Gasinhalt der Pflanzen weiter nichts als Kohlensäure. Von Sonnenaufgang bis Abends ist der günstigste Himmel, voller Sonnenschein mit einigen weissen Wolken. Das Gas tritt von 8 Uhr an aus den Luftgängen aus, man sieht aber den ganzen Tag aus undichten Stellen der Pflanzen auch Gasbläschen in den Kolben selbst aufsteigen und über den Pflanzen sich sammeln. Das Gas wird in zwei Fractionen gesammelt, nämlich zuerst das von 8—10 Uhr, dann von 10—11 Uhr. Es treten von den 8 Stämmen aus von:

8—10 Uhr 4,8 Cub.-Centim. Gas, bestehend aus

I. Fraction, 8 Stämme.

Nach Abzug der Kohlensäure
bestehen diese Gase aus:

Kohlensäure 0,2

Sauerstoff 3,1

Stickstoff 1,5

4,8

I.

Sauerstoff 67

Stickstoff 33

100

10—11 Uhr 7,5 Cub.-Centim. Gas, bestehend aus

II. Fraction, 5 Stämme.

Nach Abzug der Kohlensäure.

Kohlensäure 0,5

Sauerstoff 6,0

Stickstoff 1,0

7,5

I.

Sauerstoff 86

Stickstoff 14

100

Hieraus geht schon hervor, dass der Sauerstoff bei Abschluss der in Wasser gelösten Luft bedeutend mit der Dauer des Versuchs zunimmt. Die zweiten Fractionen enthalten viel mehr Sauerstoff als die ersten. Die Fortsetzung dieses Versuches folgt unten nach dem Versuche B.

B. Zugleich mit vorigem Versuche A. wurde ein zweiter angestellt, mit der Abänderung, dass hier drei Pflanzen in einem Becherglase lagen, die Spitze unten, die Pflanze spiralförmig aufgerollt, die durchschnittenen Stämme nach oben in das graduirte Rohr gesteckt, das Wasser oben mit Oel von der Luft abgeschlossen. Uebrigens Alles wie bei dem vorigen Versuche. Diese Abänderung war nur deshalb getroffen, um zu sehen, ob die Lage der Pflanze Einfluss habe, und der ganze Versuch sollte nur dazu dienen, zu entscheiden, ob die Entwicklung aufhört, wenn das Wasser ausserhalb der Pflanze kein Gas weiter bekommt, als das ursprüngliche, dessen Quantum das zur Sättigung des Wassers bei gewöhnlichem Atmosphärendrucke erforderliche ist. Die Fractionen sind zu gleicher Zeit gemacht.

I. Fraction.

8—10 Uhr gesammelt 5,0 Cub.-Centim., bestehend aus

Kohlensäure	0,6
Sauerstoff	3,3
Stickstoff	1,1

Nach Abzug der Kohlensäure besteht dieses Gas aus

Sauerstoff	75
Stickstoff	25

100

II. Fraction.

10—1 Uhr gesammelt 5,3 Cub.-Centim., bestehend aus

Kohlensäure	0,4
Sauerstoff	4,8
Stickstoff	0,1

5,3

Nach Abzug der Kohlensäure besteht dieses Gas aus

Sauerstoff	92
Stickstoff	8

100

Schluss. Man ersieht hieraus, dass nun mit Abschluss der atmosphärischen Luft das Gas immer sauerstoffreicher wird, dass sich aber auch der Stickstoff dem Verschwinden nähert. Kohlensäure ist in beiden Versuchen reichlich unzersetzt mit hindurchgegangen. Dieser zweite Versuch wird zwar auch bis Nachmittags des 27. Septbr. fortgesetzt, aber es wird keine Kohlensäure weiter dazu geleitet. Der Himmel ist am 27. Septb. der günstigste, wieder voller Sonnenschein. Das Wasser wird im Fenster um 10 Uhr 21° warm. Um 10 Uhr noch geringe Gasentwicklung, die um 11 Uhr völlig aufhört. Ersticken in Kohlensäure, wie man glauben könnte, tritt nicht ein, wie sogleich die folgende Fortsetzung des Versuches A. zeigen wird. (Ich bemerke noch dazu, dass eine dritte Pflanze, ebenso behandelt, wie die der beiden Schlussversuche, aber mit Kohlensäure und Wasserstoff versorgt, nachdem sie am 16. und 17. immerfort langsam entwickelt hatte, auch am 18. Septbr. noch Gas ausgab.) Mit dem Mangel an Kohlensäure, bei gleichzeitigem Mangel an in Wasser gelöster Luft, hört also die Gasentwicklung auf.

Fortsetzung des Versuchs A. Abends 11 Uhr leitet man in den Kolben durch die Oelschicht hindurch noch 5 Cub.-Cent. reine luftfreie Kohlensäure und lässt die Vorrichtung vor dem Fenster so wie desselben Tages die Nacht hindurch stehen. Den 17. Septbr. ist der günstigste Himmel. Um 9 Uhr fangen alle 8 Stämme an wieder zu entwickeln, und geben bis Mittags, wo die Sonne sie verlässt, aus den Luftgängen 5,5 Cub.-Centim. Gas.

Von 5,5 Cub.-Centim. Gas

absorbirt Kali	0,3	-	-	Kohlensäure
- Gallussäure mit Kali	4,3	-	-	Sauerstoff
bleiben unabsorbirt	0,9	-	-	Stickstoff.

Der Rest wurde mit Sauerstoff gemischt und in das Eudiometer gebracht; man liess einen starken Funken hindurchschlagen. Es tritt keine Gasverminderung ein. Es ist kein brennbares Gas entwickelt worden, wenigstens nicht in solcher Menge, dass es unter solchen Umständen verpufft werden konnte. Zieht man von dem vorigen Gasgemische die Kohlensäure ab, so hat der Rückstand die Zusammensetzung:

Sauerstoff	82
Stickstoff	18

100

Bei der beabsichtigten Ausmessung der Capacität der Luftgänge in Myriophyllum war es nun, um vollständig ermitteln zu können, ob dieser Sauerstoff nur durch Zersetzung der Kohlensäure entstanden ist, oder durch verschiedene Vertheilung der Gase, die von der Zeit vor dem Versuche her innerhalb der Pflanzen enthalten waren, auch noch nöthig, die Gasmenge zu bestimmen, die sich im Kolben über den Pflanzen sammelte, während sie vom 16. bis zum 17. Septbr. in ausgekochtem Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt war und kein Gas weiter enthielt, vegetirten.

Die ganze Gasmenge, die sich im Kolben über dem Wasser, worin die Pflanzen schwammen, angesammelt hatte, betrug

47 Cub.-Centim.

Kali absorbirte davon 3 - -

44 Cub.-Centim. Sauerstoff und Stickstoff, wiewohl Abends zuvor noch 5 Cub.-Centim. Kohlensäure in den Kolben geleitet waren. Es ist also Kohlensäure verschwunden. Von 47 Cub.-Centim. nahm man 9,2 Cub.-Centim. zur Analyse.

Von 9,0 Cub.-Centim. Gas

absorbiren Kali und Gallussäure	8,0	-	-	Sauerstoff
bleibt unabsorbirt	1,0	-	-	Stickstoff.

Die obigen 44 Cub.-Centim., die nach dem Entfernen von nur 3 Cub.-Centim. Kohlensäure bleiben, bestehen demnach aus:

		In 100 Th.
Sauerstoff	39,2	89
Stickstoff	4,8	11
	44,0	100.

Von dem obigen Vorrathe werden, da das Gas sauerstoffreich war, 2,5 Cub.-Centim. ins Eudiometer gebracht. Nach dem Durchschlagen des Funkens ist das Volum unverändert. Auch hier ist also kein brennbares Gas.

Der Kolben, worin die Pflanzen steckten, wurde, unmittelbar nachdem die 47 Cub.-Centim. Gas hinausgelassen waren, bis zur abgeschliffenen Mündung mit Wasser gefüllt. Dann fasste man den Faden, womit man die 8 Stämme zusammengebunden hatte, und zog die Pflanzen langsam heraus. Man goss nun den entstandenen Raum aus graduirten Röhren wieder mit Wasser voll. Es waren hierzu gerade 28 Cub.-Centim. erforderlich. Da nun die Pflanzen nass herausgezogen wurden, so ist das Volum, das die Pflanzen einnahmen, jedenfalls kleiner als 28 Cub.-Centim.

Nun aber war das Volum des ganzen Gases, das die 8 Stämme ausgegeben haben, wenn man alle wiedergefundene Kohlensäure, da sie künstlich dazu gebracht wurde, wieder abzieht, folgendes:

Die 8 Stämme haben entwickelt:

Aus den Luftgängen.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Am 16. Septbr. von 8—10 Uhr	3,1 Cub.-Centim.	1,5 Cub.-Centim.
- 16. - - 10—1 -	6,0 - -	1,0 - -
- 17. - - 8—1 -	4,3 - -	0,9 - -
Aus den Wunden und undichten Stellen der Stämme und Blätter vom 16. früh bis 17. Mittags 1 Uhr im Kolben selbst	39,2 - -	4,8 - -
	52,6 Cub.-Centim.	8,2 Cub.-Centim.
Sauerstoff	52,6 Cub.-Centim.	
Stickstoff	8,2 - -	

Zusammen 60,8 Cub.-Centim.

Es sind also, während das äussere Volum der Pflanzen, die zwar Luftgänge enthalten, aber doch von demselben einen bedeutenden Theil durch geschlossene Zellen einnehmen, noch nicht 28 Cub.-Centim. ausmacht, 60,8 Cub.-Centim. oder mehr als das Doppelte entwickelt. Da nun das Gas in der Pflanze zur Zeit, als sie in das ausgekochte Wasser gesetzt wurde, nach den früheren Bestimmungen etwa 12 p. c. Sauerstoff enthalten konnte (die Pflanzen wurden Abends gesammelt, hatten die Nacht hindurch auf dem Zimmer und bis zum Versuche im Dunkeln gestanden), so findet man, wenn man den cubischen Inhalt der Luftgänge kennt, leicht die Menge Stickstoff, die von vorn herein in den Pflanzen enthalten war.

Um den cubischen Inhalt der Luftgänge, so weit es hier nöthig war, zu bestimmen, sind die 8 Stämme, die zum ersten Schlussversuche dienten, in ausgekochtes Wasser, das unter einer Oelschicht erkaltete, gebracht, womit ein Kolben völlig angefüllt war. Der Kolben wurde mittels eines Korkes geschlossen, durch den ein feines Rohr ging, das mit Wasser völlig gefüllt wurde und dessen anderes Ende mit Wasser gesperrt war. Nun erhitzte man das Wasser im Kolben 6 Stunden lang bis fast zum Sieden und trieb dadurch die Luft aus den Luftgängen aus. So erhielt man direct 6 Cub.-Centim. Gas.

Bei diesem Versuche ist klar, dass jedenfalls weniger Gas erhalten werden musste, als der Capacität der Luftgänge entspricht. Denn die 8 Pflanzen hatten ja 2 Tage lang nur Kohlensäure bekommen, daraus allerdings Sauerstoff erzeugt, aber von diesem schon vorher und beim Erhitzen einen Theil absorbiert, von der Kohlensäure bleibt ein Theil im Wasser gelöst zurück. Nichts desto weniger sind schon 6 Cub.-Centim. erhalten.

Ueberdies zeigen schon die oben angeführten Erfahrungen an, dass nach so langer Behandlung mit Kohlensäure die Luftgänge sich mit Wasser füllen. Dieser Versuch sollte aber auch nur im Zusammenhange mit folgendem entscheiden:

Man füllte einen Kolben mit abgeschliffener Mündung ganz voll Wasser, und schob so viel Abends vom Teiche frisch geholter Pflanzen, nachdem sie auch eine Nacht gestanden hatten (eine andere Abtheilung derselben Pflanzen wurde ausgedrückt; sie enthielten ein Gas, das aus 12 Sauerstoff und 88 Stickstoff bestand), hinein, dass, wenn man sie wieder langsam herauszog, gleichfalls genau 28 Cub.-Centim. Wasser zum Füllen des Kolbens nöthig wurden. Man legte die Pflanzen, so nass sie waren, in ein Becherglas, das auf der Waage ins Gleichgewicht gebracht war, wog darin die nassen Pflanzen, trocknete sie vorsichtig und das Becherglas mit Fliesspapier völlig, wog wieder und bestimmte so das Gewicht und somit auch das Volum des den Pflanzen äusserlich anhaftenden Wassers. Dann trieb man durch Sieden wie beim vorigen Versuche das Gas aus, maass dieses und analysirte es schliesslich, um die Menge Stickstoff, die in den Pflanzen Platz hat, direct zu finden. Es ist bei der Auswahl der Pflanzen Rücksicht genommen auf die 8 zum ersten Schlussversuche dienenden; man wählte wieder jüngere Pflanzen, die regelmässig beblättert waren, und deren Internodien in der Mitte 35 Millimeter Länge, der Stamm selbst 2 Millimeter Durchmesser hatte. Die Gewichte sind:

Nasse Pflanzen	26,004 Gramm.
Abgetrocknete Pflanzen	17,254 -
Anhängendes Wasser	8,75 Grm. = 8,75 Cub.-Centim.
Die Zusammensetzung des Gases war:	
Kohlensäure	8
Sauerstoff	2
Stickstoff	90
	100.

Es hatten also diese Myriophyllum-Stämme 28—8,75 Cub.-Centim. cubischen Inhalt, den man in runder Zahl = 19 Cub.-Centim. zu nehmen hat. Durch Kochen gewann man nun 9 Cub.-Centim. Gas. Demnach macht die Capacität der Luftgänge die Hälfte vom Volum der Pflanze aus. Nun ist mit Gewissheit anzunehmen, dass man durch Kochen nicht alles Gas austreibt. Vergleicht man einfacher Weise die direct gefundene Menge Stickstoff oben, die nur 8,2 Cub.-Centim. ausmacht, so sieht man leicht ein, dass die untersuchten Pflanzen eine solche Menge einschliessen mussten, dass auch der Sauerstoffgehalt des Gases noch neben diesem Stickstoffe Platz hatte. Denn nimmt man an, dass die Pflanze in dem Momente, in dem sie zum Versuche genommen wurde, ein Gas von 12 p. c. Sauerstoff enthielt, so kommen zu obigen 8,2 Cub.-Centim. Stickgas noch 1,0 Cub.-Centim. Sauerstoff.

Ich zweifle nach diesen letzten Versuchen nicht mehr, dass es mir nächsten Sommer gelingen werde, ein gemessenes Volum Kohlensäure der Pflanze darbieten, und die Quantitäten der Zersetzungproducte bestimmen zu können.

Versuche über *Sparganium ramosum*.

Diese Versuche wurden angestellt, um einige Zweifel zu beseitigen, welche bei den von meinem Bruder und mir im vorigen Jahre angestellten Untersuchungen blieben.

I. Abtheilung. Ich behandelte zuerst die Frage: welchen Einfluss hat die Nacht und der Tag auf die Gase in den Luftgängen und Wurzelstöcken von *Sparganium ramosum*?

Es wurden zur Beantwortung dieser Frage Morgens früh, bevor die Pflanzen von der aufgehenden Sonne getroffen waren, zwischen 3 und 5 Uhr, und dann wieder, wenn die Sonne ausgewirkt hatte, Abends von 5 Uhr bis zur Dämmerung, die Gase gesammelt. Die einzelnen Bestimmungen sind folgende. A. bedeutet Abends, M. Morgens vor Sonnenaufgang. Blätter bezeichnet hier nur den Theil der Blätter über dem Wasserspiegel. Schössling bedeutet diejenigen im Schlamme kriechenden Ausläufer vom Wurzelknoten, die in eine conische nach dem Wasserspiegel gerichtete Spitze auslaufen; die Spitze weiss, das Uebrige braunschuppig. Rhizom im Grunde dasselbe, nur so, dass statt der Spitze bereits hier eine grosse Pflanze sich befindet, also die Wurzelstöcke zwischen zwei Pflanzen. Die Klammern bedeuten, dass das Blatt von einer der Pflanzen gewählt wurde, deren Rhizome man nahm. Die übrige Bezeichnung ist die der ersten Tabelle von *Myriophyllum*. Die Gase sind eben so gesammelt, wie im vorigen Sommer. Die Temperatur des Wassers schwankte zu der Zeit, wo diese Gase gesammelt wurden, zwischen 20 und 22° C.

Pflanzentheil.	August.	Tageszeit.	Himmel.	O : N
Blätter	6.	A.	Mehr. T. zuv. v. S.	21 : 79
Blätter	9.	M.	Tg. zuv. bew.	21 : 79
Rhizom	9.	M.	Tg. zuv. bew.	10 : 90
Blätter	10.	M.	Sonnenschein	21 : 79
Rhizom	10.	M.	Sonnenschein	11 : 89
Rhizom	10.	A.	Sonnenschein	13 : 87
Blätter	10.	A.	Sonnenschein	21 : 79
Blätter	12.	M.	Seit Nacht	21 : 79
Rhizom	12.	M.	regnig	11 : 89

Pflanzentheil.	August.	Tageszeit.	Himmel.	O : N
Blätter	13.	M.	Seit früh	21 : 79
Rhizom	13.	M.	und	11 : 89
Blätter	13.	A.	Tg. zuv.	21 : 79
Rhizom	13.	A.	seit Mittag	13 : 87
Schössling	13.	A.	v. S.	13 : 87
Schössling	14.	M.	Bewölkt	11 : 89
Rhizom	14.	M.	Bewölkt	12 : 88
Blätter	16.	A.	Bew. und	21 : 79
Schössling	16.	A.	regnig	12 : 88
Schössling	17.	A.	Seit früh	15 : 85
Rhizom	17.	A.	v. S.	13 : 87
Rhizom	18.	A.	v. S.	13 : 87
Schössling	18.	A.	v. S.	13 : 87
Blätter	18.	A.	v. S.	21 : 79
Ein grüner				
Schössling	18.	A.	v. S.	19 : 81
Rhizom	19.	M.	Seit 3 Tagen	12 : 88
Schössling	19.	M.	vorher	12 : 89
Schössling	19.	M.	vollster	13 : 87
Blätter	22.	M.	Sonnenschein	21 : 79

Schluss. Bei dem schönen Wetter dieses Sommers, wo die Wirkung von Tag und Nacht in einem schärferen Gegensatze stand, als im vorigen Sommer, scheint es, liegt Abends nach der Wirkung der Sonne der Sauerstoffgehalt in Schösslingen und Rhizomen etwas höher, als früh am Morgen. Auch des Morgens scheint er, wenn mehrere warme, sonnenvolle Tage aufeinander folgen, ein wenig höher zu steigen, als an trüben Tagen. In einem einzigen Falle, wo ein Schössling durchaus eine grüne Farbe hatte, hielt das Gas an 19 p. c. Sauerstoff. Die Blätter gaben alle Gas zwischen 20,5 und 21,4, daher oben immer 21 geschrieben ist. In einem einzigen Falle hatten die Blätter 22 p. c. Sauerstoff. Dies ist der höchste Gehalt, den ich in zwei Sommern gefunden habe.

II. Abtheilung. Diese Versuche sollten zur Vervollständigung der im vorigen Jahre mit meinem Bruder gemeinschaftlich über das Verhalten der Kohlensäure im Inneren der Pflanze angestellten Untersuchungen dienen.

Am 4. August stellte ich ein ausgewachsenes unbeschädigtes Exemplar von *Sparganium ramosum*, das vorsichtig aus dem Schlamme gehoben war, in ein hohes Cylinderglas voll Wasser. Das Wasser wurde völlig mit Kohlensäure gesättigt. Die Pflanze hat 6 vollständige Blätter. Ich steckte 5 Blätter in ein weites Glasrohr, das nun überhaupt nur noch 4—5mal so viel Volum Luft einschliesst, als das Volum der darin befindlichen Blätter ausmacht. Das Rohr ist oben luftdicht verschlossen. Aus der Mitte ging ein feines Gasleitungsrohr heraus, das hier mittels Kautschuk beweglich, unten umgebogen ist und hier unter den Wasserspiegel getaucht werden kann, wenn die Pflanze im Rohre von der Atmosphäre völlig abgeschlossen werden soll. Ueberdies ist bis in die Mitte des Rohres ein graduirtes Röhrchen, das ganz mit Wasser gefüllt ist, hinaufgeschoben, die

Mündung mit einem Kork verschlossen, der Kork nach unten. Man kann mittels eines Bindfadens den Kork herausziehen, so dass das Wasser ausfliesst und das Röhrchen sich mit der Luft im Rohre füllt. Mittels eines zweiten Bindfadens kann das graduirte Röhrchen selbst im Rohre herunter unter den Wasserspiegel gezogen, und so Luft mitten aus dem Rohre jederzeit geholt werden. Man leitet nun Kohlensäure durch das Rohr, bis etwa die Hälfte der Luft darin ausgetrieben ist, dann wird die Pflanze völlig von der Atmosphäre ausserhalb des Rohres abgeschlossen.

Neben dieser Pflanze, die ein Blatt ausserhalb des Rohres frei in der Atmosphäre hat, steht noch eine zweite gleich grosse mit ebenfalls 6 Blättern in demselben Glasgefässe. Von früh am 4. August bis Mittag voller Sonnenschein. Mittags den 5. August werden die Blätter oben schwarz. Man analysirt nun

- 1) die Luft im Rohre, die die Pflanze umgiebt,
- 2) die Luft in den Blättern, die im Rohre steckten,
- 3) die Luft in den Blättern der zweiten Pflanze, die frei in die Atmosphäre ragen, deren Wurzel und unterer Stamm aber 1 Fuss tief in demselben kohlensauren Wasser stehen, worin die erste Pflanze steht. Die Zusammensetzung dieser Gase ist:

	I.	Nach Abzug der Kohlensäure.	II.	Nach Abzug der Kohlensäure.	III.	Nach Abzug der Kohlensäure.
Kohlensäure	2,0	—	0,7	—	0,5	—
Sauerstoff	3,0	30 Vol.	2,0	18 Vol.	16,0	20 Vol.
Stickstoff	7,0	70 -	9,0	82 -	63,5	80 -
	12,0	100.	11,7	100.	80,0	100.

Schluss. Man sieht hieraus, dass im Laufe von 2 Tagen bei Einwirkung von warmem, vollem Sonnenschein die Luft ausserhalb der Pflanze sauerstoffreicher geworden ist, während im Inneren der Sauerstoffgehalt unmerklich oder gar nicht stieg.

Am 5. August wiederholt man den Versuch mit einer neuen Pflanze. Bis zum 10. August wird täglich oftmals Kohlensäure durch das Wasser geleitet, worin die Wurzel der Pflanze steht; dann und wann leitet man auch etwas Kohlensäure in das Rohr. Am 10. August, bis zu welchem Tage die Pflanze fast ununterbrochen vollen Sonnenschein hatte, wird früh Morgens 1) ein Quantum Gas aus dem Rohre durch Kohlensäure ausgetrieben und nun nochmals Mittags nach dem Einleiten dieser Kohlensäure, und nachdem die Pflanze wieder vollen Sonnenschein bis Mittag hatte, 2) ein Quantum Luft aus dem Rohre zur Untersuchung genommen. Die Luft, welche also die Pflanze am 10. Aug. umgab, bestand nach Entfernung der Kohlensäure durch Kali aus:

	I.	II.
Sauerstoff	34	33
Stickstoff	66	67
	100	100.

Man wusste demnach, dass die Pflanze in einer kohlensäurereichen Luft stand, dass der Sauerstoffgehalt in Bezug auf den Stickstoff aber in einem grösseren geraden Verhältnisse stand, als in der atmosphärischen

Luft, und liess die Pflanze nun bis Mittags 1 Uhr am 15. August stehen. Nun zieht man mittels des graduirten Röhrchens

- 1) Luft aus der Mitte des Rohres,
- 2) zerschneidet man die von dieser Luft im Rohre umgebenen Blätter unter Wasser und presst das Gas aus. Dieses letztere enthält sehr wenig, nur noch Spuren Kohlensäure. Nach Entfernung der Kohlensäure durch Kali bestehen die Gase in:

	I.	II.
Sauerstoff	30	25
Stickstoff	70	75
	100	100.

Schluss. In 10 Tagen ist also der Sauerstoff in der Pflanze, wenn ihre Wurzel in Wasser steht, das mit Kohlensäure gesättigt ist, und die Blätter von einer mit Kohlensäure überladenen Luft umgeben sind, erhöht.

Am 19ten wird Abends eine dritte Pflanze in ein Gefäss mit Wasser gebracht, das Wasser während der Nacht mit Kohlensäure gesättigt. Am 20. August hat sie von früh bis Mittag vollen Sonnenschein bei starkem Winde. Die Pflanze steht bei diesem Versuche nicht in dem Rohre, sondern frei in der Luft. Durch das Wasser aber wird von früh an bis Mittag der Gasstrom von Kohlensäure hindurch geleitet, indem man den Entwicklungsapparat ununterbrochen im Gange lässt. Der Wind weht so stark bei reinem blauen Himmel, dass die Blätter von aussen wohl kaum eine kohlensäurereiche Atmosphäre geniessen. Von Mittag an steht die Pflanze bei weissen Wolken am Himmel noch bis nach 4 Uhr, dann wird sie unter Wasser zerschnitten und ihr Gasinhalt untersucht. Man sammelt 1) das Gas aus den in dem kohlensauren Wasser untergetaucht gewesenen Blattstücken, und 2) das Gas aus den oberen darüber in der Luft befindlich gewesenen Blattstücken für sich. Von jedem Gase, jedesmal 5—6 Cub.-Centim., sind 2 Bestimmungen gemacht, die ganz genau übereinstimmen. Beide enthalten Kohlensäure. Nach deren Entfernung durch Kali besteht das Gas aus:

	I.		II.	
Sauerstoff	21	21	21	21
Stickstoff	79	79	79	79

Schluss aus diesen Versuchen zusammen. Die Kohlensäure, die im Inneren der Luftgänge von Sparganium sich befindet, wird im Laufe eines sonnenvollen Tages, während in derselben Zeit auch die Luft aussen um die Blätter sauerstoffreicher wird, nicht so weit zersetzt, dass der Sauerstoffgehalt im Inneren das diesen Blättern ein für allemal in der Natur zukommende Verhältniss von $O : N = 21 : 79$ überschreitet. Bleibt aber die Pflanze aussen in einem geschlossenen Raume anhaltend in sauerstoffreicher und kohlensäurereicher Atmosphäre, so dringt diese wenig binnen 2 Tagen vollen Sonnenscheins, aber binnen 8—14 Tagen von Aussen ein, und der Sauerstoffgehalt wird im Verhältnisse zum Stickstoffe grösser. Man vergleiche hiermit den Versuch S. 10, No. 9, woselbst das Resultat ebenso ausfiel.

Ueber die Bedeutung einiger Organe der Wasserpflanzen.

Hydrocharis morsus ranae schwimmt frei im Wasser, ist nicht am Boden angeheftet. Sie führt unten unter Wasser lange stielrunde Wurzeln, die dicht mit einem Filze bedeckt sind. Diese befilzten Organe saugen die in Wasser gelöste Luft ein. Setzt man die Pflanze in Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt ist, und schneidet man die befilzten Organe durch, so tritt aus dem Inneren fortwährend Bläschen für Bläschen aus, doch langsamer als bei *Myriophyllum*-Stämmen, weil die Menge der einsaugenden Organe hier geringer ist. Die schwimmenden Blätter haben oben Spaltöffnungen. Steckt man die ganze Pflanze unter eine völlig mit solchem Wasser gefüllte Glocke, so findet man die sich darüber ansammelnde Luft sauerstoffreich. Nach dem Schütteln mit Kalilauge bestand sie aus:

Sauerstoff 50

Stickstoff 50.

Trapa natans hat eine Elle lang unter den schwimmenden Blättern einen nackten Stiel, dann wird er dicht filzig. Der Filz ist von Natur grün. Ich hatte ein Exemplar, wo derselbe meist schwarz war. Der Stamm der Pflanze wurde über dem Filze in kohlensaurem Wasser abgeschnitten. Es trat kein Gas von dem den Blättern zugehörigen Stammstücke aus. Dagegen entwickelte der Schnitt, der dem befilzten Stammstücke angehörte, einen ganzen Tag lang mit *Myriophyllum* in demselben Fenster stehend, eben so schnell als dieses Gas.

Man sieht hieraus, dass der Filz an Wasserpflanzen die Function hat, die in Wasser gelöste Luft einzusaugen; auch scheint das weitere Verhalten des eingesogenen Gases dasselbe zu sein, wie bei *Myriophyllum*. Schon im vorigen Jahre zeigten mein Bruder und ich, dass dagegen das Gas in den zur Blüthezeit angeschwollenen Blattstielen atmosphärische Luft ist.

Nymphaea alba und *Nuphar luteum* haben unbefilzte Blattstiele und grüne Stämme. Rollet man die Blätter mit 3—4 Zoll weit vom Blatte abgeschnittenen Blattstielen unter Wasser zusammen und drückt sie aus, so bekommt man aus wenigen Blättern 8—10 Cub.-Centim. Gas. Ich habe dieses Tags, Abends auf dem Teiche und Nachts in einem grossen Glase, worin sie Abends mit demselben Teichwasser nach Haus genommen wur-

den, gesammelt und bestimmt. Die Blätter haben oben Spaltöffnungen.
Das Gas bestand

			O : N
Morgens	8—10	Uhr	21 : 79
Mittags	12—1	Uhr	21 : 79
Abends	5—8	Uhr	21 : 79
Nachts	12—2	Uhr	21 : 79,

d. h. stets aus atmosphärischer Luft. Demnach verhalten sich unbefilzte Wasserpflanzen mit Spaltöffnungen wie Landpflanzen und die Blätter über dem Wasserspiegel tragende Wasserpflanzen.

Dieses steht im Einklange mit der Annahme, dass die Spaltöffnungen Organe sind, welche geradezu Luft einsaugen.

Es sei hier noch bemerkt, dass Kryptogamen, Flechten und Moose ebenfalls ein sauerstoffreiches Gas ausgeben, wenn sie in kohlensaurem Wasser sitzen. *Parmelia saxicola*, auf einem Stücke Sandstein sitzend, gab 8 Tage hinter einander, indem man sie Abends aus dem Wasser nahm und Nachts an der Luft liegen liess, ein Gas, das im Monate August zwischen 45—50 p. c. Sauerstoff und 55—50 p. c. Stickstoff enthielt. Auch hier sieht man also stets eine beträchtliche Menge Stickgas mit dem Sauerstoffe auftreten.

Ueber die Absorption des Stickstoffes durch die Pflanzen.

In neuester Zeit haben sich einige Chemiker dafür ausgesprochen, dass der atmosphärische Stickstoff von den Pflanzen assimilirt werde. Ich handle hier zunächst nicht die Frage über die Assimilirbarkeit, sondern über die Absorption des Stickstoffes.

DE SAUSSURE hat hierüber einige Angaben gemacht, deren Richtigkeit ich nicht bezweifle.

Nach den bekannten Versuchen mit dem Cactus sagt DE SAUSSURE: es müsse unter Umständen die Pflanze Stickstoff ausathmen, der durch Zersetzung der Pflanze entstehe. Er meint anderen Orts, dass, da die Menge des eingeathmeten Sauerstoffs in seinen Versuchen der Menge von verschwundener Kohlensäure nicht gleich war, das Volum der ganzen Luft aber, worin Pflanzen athmen, sich nicht änderte, der fehlende Sauerstoff durch Stickstoff ersetzt sei. DE SAUSSURE hat schon zur Genüge dargethan, dass die Pflanzen Sauerstoff in ihr Inneres aufnehmen, wiewohl sie denselben nach dem Verschlucken von Kohlensäure auch wieder ausgeben. Er fand, dass das Volum von im Dunkeln verschwundenem Sauerstoff im Lichte allmähig durch wiederausgeschiedenen sich herstellte.

Bei Schösslingen von *Typha latifolia* konnte ich die quantitativen Relationen, die DE SAUSSURE an anderen Pflanzen beobachtete, und deren Richtigkeit ich in diesen speciellen Fällen nicht in Zweifel ziehe, nicht bestätigen. Allerdings habe ich oftmals solche Wiederherstellung bei *Typha*-

Schösslingen in einem abgeschlossenen Raume atmosphärischer Luft gesehen, doch nur dann, wenn das absorbierte Quantum gering war. Das wiederausgeschiedene Luftquantum mit Einschluss des nach Verschlucken der Kohlensäure von gewöhnlichem Brunnenwasser ausgeschiedenen Sauerstoffes war dann unmerklich anders, als das verschluckte, und ich habe geglaubt, dass die scheinbare Wiederherstellung hier nur darauf beruhe, dass die Veränderungen unter solchen Umständen überhaupt zu gering sind, um merklich zu werden; wenigstens bin ich der Meinung, dass solche Umstände dem Beobachter wenig günstig sind. Dabei glaube ich ferner, dass es für Gemische von Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure ein bestimmtes geben kann, nach dessen Einathmen die Pflanze das ursprüngliche Volum wiederherstellt, und für viele Pflanzen mag dieses Verhältniss eben die Atmosphäre sein.

Ganz anders verhielt es sich aber für Schösslinge von *Typha latifolia* in Gemischen von Sauerstoff und Stickstoff in anderen Verhältnissen als 21 : 79 und wenig Kohlensäure. Während diese, vor Sonnenstrahlen geschützt, von atmosphärischer Luft in mehreren Tagen nur sehr wenig absorbirten, verschluckten die Blätter derselben sauerstoffreichere Gemische ganz vollständig. Ich habe die Grenze, bis zu welcher diese Gemische herabsteigen, noch nicht völlig sicher bestimmt, allein sie liegt in der Nähe der Mischung der in Wasser gelösten Luft. Sobald Luft über 33 p. c. Sauerstoff enthält, wird sie vollständig von *Typha* verschluckt.

Ein 9 Zoll langer Schössling stand von Nachmittags 3 Uhr bis zum anderen Morgen unter einem Tische. Von zwei zu zwei Stunden konnte man die Abnahme eines Gemisches von 40 Sauerstoff und 60 Stickstoff deutlich wahrnehmen, und bis zum anderen Morgen hatte er aus einem Glasrohre von gleicher Länge das ganze Gas, etwa sein 3—4faches Volum, vollständig eingesogen. Die Blätter, so lange nur die Spitzen 2 Linien tief über den Wasserspiegel in das Gas reichten, sogen dasselbe bis auf eine linsengrosse Blase ein. Ich habe in diesem Sommer mehrmals das von *Myriophyllum* fabricirte Gas in solcher Weise von *Typha*-Schösslingen verschlucken lassen.

Im vorigen Sommer habe ich ferner gesehen, dass das Gas, welches aus dem Centrum von 6—8 Zoll langen Schösslingen in linsengrossen Blasen in der Sonne und in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser austrat, wenn es hier durch die Wirkung der grünen Blätter im Laufe mehrerer Tage im Sonnenlichte sauerstoffreich geworden war, von den obersten Blattflächen und Blattspitzen Nachts vollständig wieder eingesogen wurde. Der Ort, wo es sich aus dem Schösslinge vorher entwickelt hatte, ist die Tiefe des Spaltes zwischen den Basen der beiden innersten jungen Blätter. Während des Verschluckens ist nirgends Gas in Bläschen ausgetreten.

Ich will hier noch des merkwürdigen Umstandes erwähnen, dass ich im Laufe dieses Sommers an *Typha* von demselben Standorte, von dem sie vorigen Sommer zu den Versuchen geholt wurde, kein Wurzelgas habe sich ausscheiden sehen, während mein Bruder und ich im vorigen Sommer mehrere Bestimmungen damit vornahmen.

Bis in den Spätherbst waren alle Stämme (Blattbündel) bis 1 Fuss hoch über der Wurzel schneeweiss; so blieben auch die innersten jungen

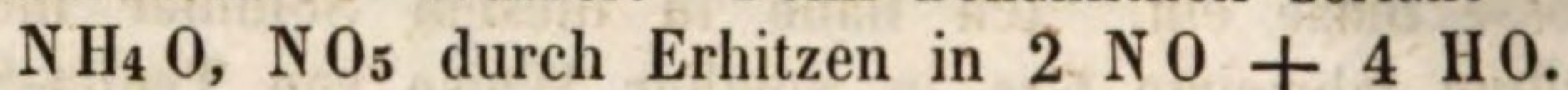
Blätter, wenn man die Stämme nicht weit über der Wurzel durchschnitt; sie schoben sich einige Linien hervor und kamen nicht weiter. Alle Schösslinge waren bis dahin ebenfalls weiss, und bis Anfang September hatte ich nur 6 Schösslinge in Gläsern ziehen können, die grasartig schwächlich blieben und nicht den bläulichen Reif bekamen, den sie voriges Jahr in frühester Jugend oft schon annahmen. Das Erscheinen des Gases an den Wurzeln muss daher mit einer kräftigen Entwicklung der Schösslinge in einem noch zu ermittelnden Zusammenhange stehen. Erst im Januar und Februar dieses Jahres fingen die Schösslinge der Typha in geheizten Zimmern an, sich kräftig zu entwickeln, und ich habe nach dieser Zeit wieder einige Versuche anstellen können.

Da bei dem Verschlucken von Gasen, die über 33 p. c. Sauerstoff enthalten, kein Gas in Bläschen austritt, so bleiben nur zwei Fälle übrig, in welchen das Verschwinden möglich ist. Entweder wird der Stickstoff in solchem Falle assimilirt, oder das Gemisch verschwindet, weil es ein lösliches ist, und geht in das Wasser über.

Bei allen vorigen Versuchen bot sich niemals die Gelegenheit dar, einen Fall zu beobachten, der die Annahme der directen Assimilation rechtfertigte. Indessen ist vielleicht der Umstand, dass die in Wasser gelöste Luft dasselbe Verhältniss von Stickstoff und Sauerstoff den Pflanzen bietet, wie es das Stickstoffoxydul enthält, beachtenswerth. Nimmt man nach DOBEREINER die Zusammensetzung der in Wasser gelösten Luft als bestehend in

Sauerstoff	33,3
Stickstoff	66,7
	100,0,

so macht dieses 2 Maass Stickstoff auf 1 Maass Sauerstoff; die Formel NO fordert dasselbe. Nun aber ist NO auch die Zusammensetzung von salpetersaurem Ammoniak — Wasser. Denn bekanntlich zerfällt



Sollte sich auf solche Weise salpetersaures Ammoniak in Pflanzen bilden und daher mit weiterer Umsetzung der Salpeter rühren, den man in manchen Pflanzentheilen gefunden hat?

Diese Frage veranlasst mich zu den nachfolgenden Betrachtungen. Die Thatsache, dass Ammoniaksalze, besonders das kohlen-saure, phosphorsaure und salpetersaure, nicht allein als stickstoffhaltiges Material den Pflanzen dienen, sondern dass bei ihrem Vorhandensein im Dünger auch die kohlenstoffhaltigen Materien, die organische Masse der Pflanzen überhaupt zunimmt, hat sich durch alle agriculturchemischen Versuche der neuesten Zeit bestätigt und scheint mir die Annahme einer weiteren Bedeutung der Ammoniaksalze für die Vegetation zu unterstützen. Allerdings giebt es Pilze, wie Schimmelpilze, Sphaeria, manche Arten der Gattung Polyporus etc., und besonders Uredo, Aecidium, bei denen es klar ist, dass sie von Nahrungsstoffen leben, die andere Pflanzen ihnen vorbereiten, weil sie im Inneren eines sonst gesunden Gewebes sich bilden und dann hervorbrechen; aber die zahlreichen Pilze, wozu u. a. Rhizomorpha gehört, die auf faulenden Organismen leben, bekommen Zersetzungsproducte von Pflan-

zen zur Nahrung. Bedenkt man nun, dass zur Erzeugung der Pflanzengewebe die sogenannten Kohlenhydrate nebst geringeren Mengen stickstoffhaltiger Materien herbeigeschafft werden müssen, dass Kohlensäure und Ammoniak die Endresultate organischer Zersetzungen sind, dass die grünen Pflanzentheile mit dem Endproducte Kohlensäure wieder beginnen, um solche Materien zu erzeugen, die meist wieder in Kohlensäure sich auflösen: so sei es mir erlaubt, hier die Ansicht auszusprechen, dass zweifach oder mehrfach kohlen-saures Ammoniak vielleicht eine allgemeine pflanzenernährende Rolle, allein oder neben dem Processe der Zersetzung von Kohlensäure, in folgender Weise zu spielen im Stande sein könne.

Man hat nämlich: $\text{NH}_4 \text{ O, HO} + 2 \text{ CO}_2 =$

$= \text{NC}_2 \text{ H}_3 \text{ O}_4 + 2 \text{ HO.}$

Subtrahirt man $\text{C}_2 \text{ H}_2 \text{ O}_2$ als ein sogenanntes Kohlenhydrat,

so bleiben N H O_2 .

Diese letzteren Elemente können 1) sein $\text{NO} + \text{HO}$; allein 2) ebenso gut $\text{N} + \text{O} + \text{HO}$. In diesem zweiten Falle würden sie Wasser und ein Gemisch von 2 Maass Stickgas auf 1 Maass Sauerstoff geben, das in Wasser löslich ist. Ferner ist aber zu bedenken, dass NO im ersten Falle auch leicht als salpetersaures Ammoniak auftreten kann, von dem wir schon wissen, dass es eins der Hauptdüngemittel der Pflanzen ist. Denn es ist

$\text{NH}_4 \text{ O, NO}_5 \text{ salpeters. Ammoniak} = 2 \text{ NO} + 4 \text{ HO.}$

Letztere Formeln drücken die Zersetzungsproducte vom erhitzten salpetersauren Ammoniak aus. Sollte NO im Ausscheidungsmomente nicht ebenso gut wie Kohlenstoff im Ausscheidungsmomente Wasser aufnehmen und so salpetersaures Ammoniak bilden, das dann, in Berührung mit faulenden Pflanzenstoffen, diese zu Kohlensäure oxydirt und sich dadurch selbst nach Verlust seines Sauerstoffes wieder in kohlen-saures Ammoniak verwandelt? Eine solche Reduction des salpetersauren Ammoniaks durch humusartige Substanzen ist bekannt; vielleicht ist sie eine der Bedingungen, die der Humus erfüllt, und wodurch er sich zu einem nützlichen Bestandtheile des Bodens macht. Das nothwendige Vorhandensein von organischen Stoffen, die zur Reduction dienen können, ist aber eine Bedingung, die wir im Wachstume der Pilze stets erfüllt sehen; ihr Gedeihen ist an die chemische Zersetzung von organischen Materien gebunden. Hierdurch würde das kohlen-saure Ammoniak als Ueberträger erscheinen und so die Beobachtung, dass die Ammoniaksalze als Dünger auch die Vermehrung der kohlenstoffhaltigen Substanz befördern, leicht erklärlich werden. Ebenso mannigfaltig, wie stickstoffhaltige Substanzen im Pflanzenreiche vorkommen, können die stickstoffhaltigen Gruppen ferner aus den einfachen Gruppen

$\text{NO, NO}_2, \text{NH, NH}_2$, ferner $\text{C}_2\text{n H}_{2\text{n}} \text{ NH}_3$ etc.

abgeleitet werden. Sollte nicht ein Process der Art in den vom Lichte abgeschlossenen Pflanzentheilen, den Wurzeln, bei ungestörtem Vorgange der Zersetzung der Kohlensäure in den grünen Theilen vor sich gehen?

Ich kann nicht umhin, hier noch auszusprechen, dass man zur Erklärung der Thatsache, dass Pflanzen bei Abschluss allen Ammoniaks ihre

stickstoffhaltigen Materien vermehren, wenn diese als zuverlässig angesehen werden soll, unabweislich dahin verwiesen wird, auf andere Stickstoffquellen, als die des atmosphärischen freien Stickstoffes, zu denken. Gewiss ist es wahrscheinlicher, dass aus NO ein stickstoffhaltiger Körper sich bildet, als aus freiem Stickstoffe. Indessen giebt es noch einen anderen Punkt, den man hier in Erwägung ziehen muss. Möglich wäre es nämlich auch, dass der elektrisirte Sauerstoff auch nach dem Zusammentreffen mit der Feuchtigkeit der Blätter und des Bodens, worin man die Pflanzen zog, Salpetersäure und Ammoniak bei Berührung mit atmosphärischem Stickstoffe und Wasser erzeugte. Man hat bei den betreffenden Versuchen wohl das Ammoniak, aber nicht den ozonisirten Sauerstoff abgehalten.

Ist es aber an der Zeit, zu ermitteln, ob nicht die Atmosphärien ausser freiem Stickstoffe noch andere stickstoffhaltige Verbindungen enthalten, die in den bis jetzt angestellten Versuchen übersehen sein konnten, so ist es nothwendig, auf das Ozon und das Stickstoffoxydul besonders die Aufmerksamkeit zu richten und zunächst zu beweisen, ob NO von den Pflanzen assimilirt wird, oder nicht. Ebenso ist noch zu ermitteln, ob der elektrisirte Sauerstoff nicht in genügender Menge in der Atmosphäre vorhanden ist, eine hinreichende Menge von Stickstoff innerhalb der Pflanzen oder im Boden zur Verbindung zu bestimmen. Was das Vorkommen von Stickstoffoxydul betrifft, so kann man sich leicht überzeugen, dass es in der Atmosphäre und in der im Wasser gelösten Luft vorkommen muss, wenn es darin auch noch nicht nachgewiesen ist. Denn es ist bekannt, dass die höheren Oxydationsstufen des Stickstoffes bei grosser Verdünnung mit Metallen, Schwefelwasserstoff, Schwefelmetallen Stickoxydul liefern. Beim Zusammentreffen von salpetersauren Salzen im Boden mit Säuren, die im Humus wirklich entstehen, wird demnach die Salpetersäure überall, wo sie mit Schwefelwasserstoff, Schwefeleisen, wie es sich im Schlamme der Wasser überall findet, zusammentrifft, auch Stickoxydul bilden müssen.

Somit müssen die Gase, die im Wasser aufsteigen, auch Stickoxydul enthalten.

Geht man zur Atmosphäre über, so wissen wir jetzt mit Bestimmtheit, dass salpetersaures Ammoniak stets in der Luft vorhanden ist, und BARRAL hat bereits begonnen, dieses quantitativ zu bestimmen. Daraus folgt aber nothwendig, dass mit jedem Blitze auch Stickstoffoxydul in der Atmosphäre sich bildet. Es kann daher kein Zweifel über die Gegenwart des Stickstoffoxyduls in der Atmosphäre sein, und so bleibt nur noch zu ermitteln, ob es assimilirbar ist, da doch salpetersaures Ammoniak in Pflanzen assimilirt wird.

Ich habe seit dem 1. Jan. dieses Jahres, um über die vermuthete Assimilation des Stickstoffoxyduls Aufschluss zu erhalten, in folgender Weise Versuche angestellt:

An 3—4 Fuss lange und 1—2 Zoll weite Glasröhren, die unten zugeschmolzen sind, ist unten ein enges Glasrohr angeschmolzen, und dem weiten entlang aufwärts, endlich rechtwinklig abgebogen. Ein Schössling der *Typha latifolia* befindet sich mit Wasser aufrecht im weiten Rohre. Dieses wird oben vor der Lampe fein ausgezogen. Nun wird durch das angelöthete Rohr Stickstoffoxydul eingeleitet, bis die Luft ausgetrieben ist,

dann werden die beiden offenen Enden des Apparats zugeschmolzen oder mit Siegelack verschlossen. In einigen anderen Apparaten befindet sich der Schössling in einem gewogenen Rohre, dessen unteres feinausgezogenes Ende mittels eines versiegelten Korkes in Glasgefässe hineinreicht, die mit Stickoxydulgas und Gemischen der Gase, die bei den oben beschriebenen Versuchen dienten, gefüllt sind; das obere Ende des gewogenen Rohres ist zugeschmolzen. Von Zeit zu Zeit werden diese Röhren gewogen. Es ist bei dem ersten Apparate leicht wahrzunehmen, ob Gas verschwindet oder hinzukommt, da der Wasserstand in den beiden Glasröhren desselben sich dadurch ändern muss, und am Schlusse des Versuchs beim Aufbrechen des Endes einer der Röhren Gas heraustreten oder Wasser hineindringen muss, wenn eine Veränderung des Volums stattfindet. Auch bei dem zweiten Apparate sind solche Vorrichtungen angebracht, wodurch eine etwaige Veränderung des Volums erkannt werden kann.

Bis jetzt (Mitte März) hat sich in diesen Versuchen mit reinem Sauerstoff, im Einklange mit allen bekannten Thatsachen, schon entschieden herausgestellt, dass er in beträchtlicher Menge in der Pflanze gebunden wird. Das Oxydationsproduct ertheilt den Pflanzen hier eine stark rothe Farbe. Was die übrigen Gase anbetrifft, so wuchsen in Stickstoffoxydul bereits einige Schösslinge mit kräftig grüner Farbe von 1 $\frac{1}{2}$ Decimeter auf 4 und 5 Decimeter. Man sieht in diesen Apparaten schon deutlich, dass das Stickstoffoxydulgas in der Pflanze circulirt, denn es treten aus der in Wasser untergetauchten Basis der Schösslinge besonders bei Tage, aber auch bei Nacht ununterbrochen Gasperlen hervor, die sich zu mehr oder weniger grossen Blasen ansammeln und dann wieder in den Gasraum der Apparate aufsteigen. Bei allen in reinem Stickstoffoxydul angestellten Versuchen lässt sich bis jetzt erkennen, dass das Volum des Gases etwas zunimmt.

In verschiedenen Gemischen von Stickstoffoxydul mit Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, ölbildendem Gas, Sumpfgas, verhalten sich die Schösslinge bis jetzt nicht gleich.

Am 20. Februar öffnete ich zuerst 3 der beschriebenen Apparate, indem die Spitze der fein ausgezogenen Röhren unter Wasser abgebrochen und das Gas mittels Wasserdruck aus dem Apparate ausgetrieben wurde, worauf ich die Gase analysirte. Die Pflanzen der drei geöffneten Röhren sind folgendermaassen behandelt:

1) Eine 4 Decimeter hohe, in der Stube gezogene *Typha latifolia*, von schwächtigem Wuchse, die in den letzten Wochen an der Luft nicht mehr fortwuchs, sondern aus Mangel an Nahrung in dem Wasser, worin sie gezogen war, verkümmert zu sein schien, wurde in den ersten Tagen des Januars mit Stickstoffoxydul zusammen eingeschlossen. Die Pflanze tauchte in dem Wasser, das in das Rohr gegossen wurde, zur Hälfte unter.

2) Ein Schössling mit noch nicht aufgebrochenen Blättern, nur an der Spitze grün, von 1 Decimeter Länge, wurde zu derselben Zeit mit einem Gemische von gleichen Vol. Kohlensäure und Stickstoffoxydul ebenso eingeschlossen. Dieser Schössling schwamm mit der Basis auf dem Wasser, das in das Rohr gegossen wurde.

3) Ein Schössling von 2 Decimeter Länge wurde mit so viel Wasser im Apparate übergossen, dass er ganz davon bedeckt war. Die Basis desselben war in dem Rohre festgeklemmt, so dass das Pflänzchen sich nicht erheben konnte. Der Raum über dem Wasser war mit Stickstoffoxydul angefüllt. Dieser letzte Apparat blieb 14 Tage lang in einem dunklen Schranke eingeschlossen stehen.

Der Schössling Nro. 3 nahm im Dunklen ein krankes Ansehen an, und sah nach 14 Tagen wie in Verwesung begriffen aus. Der Apparat wurde nun an das Fenster gehängt. Binnen 8 Tagen wuchs die Pflanze über 2 Zoll in die Höhe, nahm oben bald ein gesundes Ansehen an, die Blätter sind jetzt dunkelgrün und bereits über 2 Decimeter hoch emporgewachsen. Es wurden aus diesem Rohre 15,3 Cub.-Centim. Gas zur Untersuchung ausgetrieben, davon

		In 100 Vol.
absorbirte Kali	3,3 Kohlensäure	= 21,5
Kali und Gerbsäure	0,7 Sauerstoff	= 4,5
unabsorbirt blieben	11,3 Stickstoff	= 74,0
	15,3	100,0.

Das Stickstoffoxydul war in diesem Apparate, wie bei allen anderen, wo es allein angewendet wurde, so lange durch die eine ausgezogene Spitze hineingeleitet, bis vor der anderen ein glimmender Spahn sich entzündete. In dem unabsorbirt gebliebenen Gase erlosch aber ein glimmender Spahn augenblicklich. Das Auftreten der Kohlensäure und des Sauerstoffs lässt keinen Zweifel darüber, dass das Stickstoffoxydul zersetzt worden ist.

Der Schössling Nro. 2 war in derselben Zeit nur einige Millimeter weiter gewachsen, sah indessen nicht ungesund aus, die grüne Spitze hat sich etwas herausgeschoben. Die Menge der Kohlensäure war hier offenbar zu gross gewesen. Zur Untersuchung dienten 10,0 Cub.-Centim. Gas. Nach Entfernung der Kohlensäure

absorbirten Kali }
und Gerbsäure } 1,7 Sauerstoff

Die grüne Pflanze Nro. 1 lieferte ein Gas, von dem Kali und Gerbsäure zusammen ein Drittel absorbirten. In dem Reste war aber noch so viel Stickstoffoxydul, dass ein glimmender Spahn sich entzündete.

Um die Qualität des aus der Zersetzung des Stickstoffoxydes hervorgehenden Gasgemenges besser zu bestimmen, führte ich die folgende Untersuchung quantitativ aus. Die Methode der Untersuchung, die ich einschlug, würde zwar, als quantitative betrachtet, nur als eine approximative angesehen werden können, weil nämlich das Stickstoffoxydul und die Kohlensäure in Wasser löslich sind, allein es handelt sich hier zunächst offenbar nur darum, nachzuweisen, dass gegen die Zersetzung des Stickstoffoxydulgases kein Zweifel erhoben werden kann. Ich glaube solchen Zweifeln mit folgenden Thatsachen vollkommen entgegenzutreten zu können:

Etwa 8 Tage nach der Anstellung der eben beschriebenen Versuche entleerte ich den ganzen Apparat, worin der Schössling Nro. 3 vegetirte,

und machte von demselben Gase, dessen Analyse schon unter Nro. 3 oben angegeben ist, noch 3 Analysen. Diese gaben

	I	II	III
Kohlensäure	23,9	23,0	23,3
Sauerstoff.	4,0	4,1	4,3
Unabsorbirt	72,1	72,9	72,4
	100,0	100,0	100,0.

Die Löslichkeit des Stickstoffoxyduls in conc. Kalilauge (2 Theile Kali und 1 Th. Wasser), besonders wenn von dieser nicht mehr als 2 Cub.-Centim. angewendet wurden, bedingt keinen grossen Fehler, der überdies bei reinem Stickstoffoxydul grösser zu sein scheint, als bei einem anderen Gase, das wenig Stickstoffoxydul beigemischt enthält. Mit unabsorbirt ist in vorstehender Analyse das Gas bezeichnet, das nach der Behandlung der Gase mit Kali und dann mit Kali und Gerbsäure zurückblieb. Von diesem Gase mischte ich ein Quantum mit reinem Sauerstoff im Eudiometer, und liess den Funken hindurchschlagen. Es trat keine Veränderung des Volums ein. Demnach ist kein Wasserstoff, kein Kohlenwasserstoff im Gase enthalten. Darauf mischte ich im Eudiometer 40 Vol. (Zehntelcubikcentimeter) Gas mit 22 Vol. Sauerstoff = 62 Vol., dann liess ich noch 10 Wasserstoff dazutreten. Nach der Verpuffung blieben 60 Vol. übrig.

10 Vol. Wasserstoff hätten, wenn sie sich im Eudiometer mit Sauerstoff verbunden hätten, 15 Vol. Verlust geben müssen. Daraus geht hervor, dass das oben als unabsorbirt aufgeführte Gas Stickstoff mit noch einem Rückhalte von Stickstoffoxydul war, denn 1 Maass Stickstoffoxydul verpufft mit 1 Maass Wasserstoff mit Hinterlassung von 1 Maass Stickgas. Es ergab sich also, dass das Gas, das ich untersuchte, ein Geringes weniger als 10 Volum Stickstoffoxydul in 40 Volum enthielt, da 10 + 2 Vol. verschwunden waren.

Zu den übrig gebliebenen 60 Vol. Gas liess man nun nochmals 14 Wasserstoff hinzutreten, und von Neuem den Funken hindurchschlagen. Nun blieben 52 Volum übrig. Bei der ersten Verpuffung ist demnach alles Stickstoffoxydul zersetzt worden, denn hier beträgt der Verlust ziemlich genau so viel, als 14 Vol. Wasserstoff entspricht.

Nun lässt sich nach diesen Bestimmungen approximativ feststellen, dass das von Kali und Gerbsäure unabsorbirt gebliebene Gas in 40 Vol. noch ungefähr 10 Vol., d. i. 1 Viertel Stickstoffoxydul enthielt.

Von dem Stickstoffoxydul, womit die Pflanze eingeschlossen wurde, sind demnach ungefähr $\frac{3}{4}$ zersetzt worden, indem der Sauerstoff desselben organische Materie zu Kohlensäure, vielleicht auch zu Wasser oxydirte. Aus der Kohlensäure musste dann im Lichte wieder Sauerstoff frei werden. Von 100 Vol. Stickstoffoxydul sind also 75 Vol. zersetzt. Diese 75 Vol. enthalten $\frac{75}{2} = 37,5$ Vol. Sauerstoff. Rechnet man in oben angeführten Analysen Kohlensäure + Sauerstoff zusammen, so bekommt man 27 Vol. Demnach sind noch etwa 10 Vol. Sauerstoff zu anderen Verbindungen als Kohlensäure verbraucht, mit einem Worte, es ist, wie überall, so auch hier, Sauerstoff direct absorbirt.

Nachdem durch diese Versuche nachgewiesen worden war, dass das

Stickstoffoxydul wirklich in den Pflanzen zersetzt wird, mussten natürlich die folgenden Fragen gestellt werden:

- 1) Wird das Stickstoffoxydulgas durch den Fäulnissprocess der Pflanzen zersetzt, indem der Sauerstoff desselben den Wasserstoff und Kohlenstoff in Zersetzung begriffener organischer Materien oxydirt?
- 2) Giebt das Stickstoffoxydulgas bei seiner Zersetzung nur seinen Sauerstoff ab, so dass der Stickstoff frei übrig bleibt, oder geht auch der Stickstoff, sei es, indem sich Ammoniak oder direct stickstoffhaltige organische Materie erzeugt, mit den in der Pflanze schon vorhandenen Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff Verbindungen ein?
- 3) Ist das Stickstoffoxydulgas fähig, sich mit Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe und Kohlenstoff enthaltenden Salzen in der Weise zu verbinden, dass nicht ein Verwesungsprocess die erste Ursache einer Zersetzung des ersteren zu sein braucht, dass vielmehr Stickstoffoxydul mit jenen anderen Gasen, auch wenn sie von aussen zur Pflanze herzutreten, oder mit Salzen als wirkliches Nahrungsmittel angesehen werden kann, woraus die grüne Materie und die Zellensubstanz sich bilden?

Zur Beantwortung dieser Fragen habe ich in den Tagen vom 10. bis 15. März noch einige Röhren geöffnet, die in der Zeit vom 1. bis 14. Febr. mit dem im Folgenden näher beschriebenen Inhalte versehen und luftdicht verschlossen waren. Die Pflanzen hatten während dieser ganzen Zeit nur wenig directes Sonnenlicht, meist war das Wetter trübe.

Zu Frage 1. Es wurde ein Rohr, in welchem faulendes Buchenholz mit etwas Wasser, das bald stark gelbbraun gefärbt wurde, mit reinem Stickstoffoxydul eingeschlossen war, und ein zweites Rohr, worin frische Sägespähne von Tannenholz ebenso behandelt waren, geöffnet und untersucht. Die Röhre hatte etwa 4 Wochen bei meist trübem Wetter im Tageslichte am Fenster gestanden. Das Gas, das das faule Holz (Buchenholz) umgab, ursprünglich reines Stickstoffoxydul, bestand aus

Kohlensäure	22
Sauerstoff	5
Stickstoff und Stickstoffoxydul	73
	100.

Das Stickstoffoxydul ist demnach fähig, faulende Holzsubstanz, humusartige Materie zu oxydiren. Dabei war das ursprüngliche Volum des ins Rohr gebrachten Stickstoffoxyduls etwas vermindert, was nur auf einer Verbindung des Stickstoffs dieses Gases beruhen kann. Das Gas in dem zweiten Rohre über frischen Sägespähnen hatte sich in derselben Zeit sehr wenig verändert, ein glimmender Spahn entzündete sich darin noch.

Zu Frage 2 und 3. Ein Rohr, in welchem fast 1 Monat lang eine 7 Decimeter lange *Typha latifolia* mit einem Gemische von 4 Maass Wasserstoff und 1 Maass Stickstoffoxydul und 10 Cub.-Centim. Wasser eingeschlossen war, wurde geöffnet und das Gas auf Kohlensäure und Sauerstoff geprüft. Beim Oeffnen drangen sogleich 20 Cub.-Centim. Wasser ein. Hier hat also offenbar eine Verdichtung der Bestandtheile des Stickstoffoxyduls stattgefunden. Die Pflanze wuchs in diesem Gase Anfangs etwas

fort, die Lebhaftigkeit der Vegetation nahm aber von Woche zu Woche deutlich ab. Von dem Gase

absorbirte Kali 0,5

Kali und Gerbsäure 1,0

Rückstand 98,5

100,0.

Es ist bei der Verdichtung dieses Gasgemisches beachtenswerth, dass hier Kohlensäure wie Sauerstoff fehlen. Der Rückstand enthielt noch Wasserstoff und Stickstoffoxydul, denn er liess sich noch entzünden. Der Sauerstoffgehalt ist vielleicht noch geringer, als obige Zahl ihn angiebt, weil die absorbirende Lauge doch eine geringe Menge Stickstoffoxydul absorbirt. Man erkennt die Gegenwart des Sauerstoffs leicht, wenn man die Wand der graduirten Röhren durch Schütteln desselben mit der absorbirenden Lauge benetzt. Solange Sauerstoff zugegen ist, fliesst die Lauge mit rother Farbe an den Glaswänden hinunter, ist kein Sauerstoff zugegen, so ist die Farbe olivengrün, wenigstens durchaus nicht roth. Bei diesem Gase floss die Lauge gleich zu Anfang ohne jene Röthung.

In einem zweiten Rohre, worin eine 8 Decimeter hohe Typha mit Wasser und einem Gemische von aus essigsaurem Kali dargestelltem Sumpfgase und Stickstoffoxydul zu gleichen Theilen eingeschlossen war, war die Pflanze ganz ähnlich wie die vorige in der Vegetation continuirlich zurückgegangen. Sie war, als das Rohr geöffnet wurde, theilweise in Fäulniss begriffen. Von dem Gase

absorbirte Kali 0,5 Kohlensäure

Kali und Gerbsäure 0,5 Sauerstoff

Rückstand 99,0

Der unabsorbirte Theil hatte alle Brennbarkeit verloren, und ein glimmender Spahn verlösch darin sogleich. Besonders hervorzuheben ist hier wiederum, dass beim Oeffnen des Rohres fast die Hälfte des ursprünglich mit Gas gefüllten Raumes mit eindringendem Wasser sich erfüllt, dass also auch hier beide Bestandtheile des Stickstoffoxyduls verdichtet wurden.

Sehr auffallend im Vergleiche mit den Pflanzen in den beiden eben beschriebenen Gasgemischen verhielten sich andere Pflanzen, die ich mit einem Gemische von 6 Maass Stickstoffoxydul und 1 Maass ölbildendem Gase (aus Weingeist bereitet) eingeschlossen hatte. Das ursprünglich hergestellte Gemisch verpuffte aus engen Probierröhrchen heftig und mit einem eigenthümlich schmetternden Geräusche.

In diesem Gemische entwickelten sich zwei Schösslinge von Typha vom noch nicht grünen Zustande aus, trieben frischgrüne Blätter; ein anderer, der bereits eine grüne Spitze hatte, als er eingeschlossen wurde, und eine bereits 8 Decimeter hohe Typha wuchsen darin so kräftig fort, ihr Grün entwickelte sich so dunkel, dass ich dieses Gemisch für ein wahres Nahrungsmittel der Typha ansehen muss, das die Bildung der grünen Substanz der Blätter wesentlich fördert. Ein fünfter Schössling, der ganz klein eingeschlossen wurde, starb darin ab.

Ich öffnete vier Röhren, die alle mit demselben Gasgemische versehen waren. Beim Oeffnen aller vier Röhren zeigte sich das eingeschlossene

Volum des Gases weder vermehrt noch vermindert. Das Gas von einem ursprünglich $2\frac{1}{2}$ Decim. langen und im Rohre 3 Decim. hoch gewordenen Schösslinge enthielt Kohlensäure und Sauerstoff.

Kali absorbirte	12	Kohlensäure
Kali und Gerbsäure	6	Sauerstoff
Rückstand	82	

100.

Im Rückstande waren noch Stickstoffoxydul und ölbildendes Gas vorhanden, denn er liess sich noch entzünden, doch war die Heftigkeit der Verpuffung viel geringer, als bei dem ursprünglichen Gase.

Ein anderer Schössling, der noch keine Spur von Grün hatte, als er eingeschlossen wurde, trieb in der Zeit von 3 Wochen und in demselben Gemische von 1 Vol. ölbildendem Gase und 6 Vol. Stickstoffoxydul eine kräftige grüne Spitze von 1 Centim. Länge. Als ich das Rohr öffnete, trat eine geringe Menge Gas aus, so dass eine geringe Zunahme des Volums stattgefunden hatte. Von 100 Vol. Gas

absorbirt Kali	10 Vol.	Kohlensäure
Kali und Gerbsäure	2 Vol.	

Die 2 Vol. verschwanden durch Kali und Gerbsäure ohne rothe Färbung der Glaswände, demnach scheint keine Spur Sauerstoff gebildet zu sein, und diese 2 Vol. dürften absorbiertes Stickstoffoxydul gewesen sein. Nach dieser Behandlung zündete ich einen Theil des Gases in einem engen Rohre an, das Gas brennt mit blassblauer Farbe ohne Verpuffung von oben ruhig im Rohre hinunter, so dass der Zutritt der Luft das Brennen unterhielt; es muss also das Stickstoffoxydul zum grössten Theil verschwunden sein, da das Gas ursprünglich heftig explodirte.

Ein anderer Theil wurde über Quecksilber mittels Kali getrocknet. Die mit dem Gemische von gleichen Theilen rauchender Schwefelsäure und wasserfreier Schwefelsäure getränkte Koalkskugel absorbirte nichts, das Volum blieb unverändert.

Hiernach kann man unmöglich schliessen, dass das ölbildende Gas, mit Stickoxydul gemischt, indifferent in der Pflanzenernährung sei. Das rückständig gebliebene, mit blassblauer Farbe brennende Gas konnte ich bis jetzt nicht näher untersuchen; Gemische von viel ölbildendem Gase mit wenig Stickstoffoxydul brennen unter Absatz von Kohle, was hier nicht geschah; im umgekehrten Verhältnisse gemischt, explodiren die Gemische.

Das Gas aus dem Rohre von einem dritten Schösslinge zeigte dieselbe Veränderung, es verpuffte nicht mehr so lebhaft wie ursprünglich. Ein Theil des Gases wurde über Quecksilber aufgefangen, und nachdem es durch Kali ausgetrocknet und von Kohlensäure befreit war, mit dem Gemische von wasserfreier Schwefelsäure und rauchender Schwefelsäure auf einer Koalkskugel behandelt, das eingeschlossene Volum Gas war unverändert geblieben.

Von 61 Cub.-Centim. Gas absorbirt die Schwefelsäure 12 Cub.-Centim.

Im Rückstande erlosch ein glimmender Spahn nicht, allein er entzündete sich auch nicht mehr. Könnte man sich auf das Resultat eines einzigen Versuchs verlassen, so wäre das Gemisch an Stickstoffoxydul ärmer oder an ölbildendem Gase relativ reicher geworden, als es ursprünglich

war. Das Gemisch ist also nicht in der Weise verändert, dass eins der beiden Gase von einem Theile des anderen völlig zersetzt wurde, denn gebildet sind Kohlensäure und Sauerstoff, aber der Rest enthält noch die beiden Componenten: ölbildendes Gas und Stickstoffoxydul unverändert. Offenbar ist eine längere Dauer des Versuchs nothwendig, um den Vorgang der Vegetation in diesem Gemische recht entschieden erkennen zu lassen. Bis jetzt war die Veränderung des Gases zu gering, als dass man aus der Vergleichung der ursprünglichen Mischung mit der veränderten einen sicheren Schluss ziehen könnte.

Am auffallendsten zeigte sich die günstige Einwirkung des Gemisches von 1 Maass ölbildendem Gase und 6 Maass Stickstoffoxydul bei der 8 Decim. hohen Typha. Diese wuchs bei fast fortwährend trübem Himmel in der letzten Zeit oft über 1 halben Zoll in einem Tage fort. Auch bei einem Schösslinge von 3 Decimeter trat eine so lebhafte Vegetation ein. Aber auch hier liessen sich neben Sauerstoff und Kohlensäure noch die beiden ursprünglich angewandten Gase nachweisen.

Die vierte der geöffneten Röhren enthielt den oben als fünften Schössling bezeichneten, der in dem Gasgemische abgestorben war. Das Gas, das aus dem Röhrchen ausgetrieben war, liess sich gar nicht mehr anzünden und ein glimmender Spahn brannte darin auch nicht mehr fort. Hier muss also eine sehr wesentliche Umsetzung unter den Gasen stattgefunden haben.

Endlich öffnete ich noch ein Rohr, in welchem ein 5 Decimeter hoher Schössling reines Stickstoffoxydul bekommen hatte, während er $\frac{2}{3}$ im Wasser untergetaucht war. In diesem Wasser war etwas zweifach oxalsaures Kali aufgelöst worden. Hier hatte sich das Gas beträchtlich ausgedehnt, so dass beim Oeffnen ein Volum Gas austrat, das der Hälfte des ursprünglich eingeschlossenen Stickstoffoxyduls fast gleichkam. Von dem Gase

absorbirte Kali	=	5 Kohlensäure
Kali und Gerbsäure	=	30 Sauerstoff
Rückstand	=	65 Stickstoff und Stickstoffoxydul
100.		

Während derselben Zeit, in der diese Versuche angestellt wurden, vegetirten andere Schösslinge, die nur reines Stickstoffoxydul bekommen haben, immer fort, ohne abzusterben, allein sie nehmen sehr wenig an Länge zu, und die Zunahmen selbst waren in der ersten Entwicklung der Schösslinge, zu welcher Zeit sie noch eine beträchtliche Menge Nahrungsstoff in dem Wurzelknoten enthalten, grösser als später. Dabei ist das Wasser in mehreren Röhren ganz und gar grün geworden, es haben sich die schleimigen Oberflächen der äusseren Blätter bei einigen solcher Pflanzen ganz mit grüner Materie bedeckt.

Gleichfalls mit geringem Zunehmen in die Länge vegetirt ein Schössling, der in Wasser ganz untergetaucht ist, worin sich etwas neutral oxalsaures Kali befindet, während der Raum über dem Wasser mit reinem Stickstoffoxydul angefüllt ist.

Aus diesen Versuchen zusammengekommen, beantworten sich die oben gestellten Fragen wie folgt.

- 1) Das Stickstoffoxydul wird durch verwesende Pflanzentheile und kohlenstoffhaltige Salze unter Bildung von Kohlensäure zersetzt.
- 2) Der Stickstoff des Stickstoffoxyduls kann mit freiem Wasserstoff und dem Wasserstoff der Kohlenwasserstoffe sich zu Ammoniak oder stickstoffhaltiger organischer Substanz verbinden. Es folgt dieses aus der Volumverminderung der Gemische von Wasserstoff und Sumpfgas mit Stickstoffoxydul.
- 3) Es folgt aus 1 und 2 und dem vorzüglichen Gedeihen der Pflanzen im Gemische von ölbildendem Gase und Stickstoffoxydul, dass das Stickstoffoxydul auch so in der Pflanze gebunden werden kann, dass der Stickstoff in die Zusammensetzung von Kohlenwasserstoffen, Wasserstoff, die zur Pflanze von Aussen herzutreten, eingeht, wodurch solche Gase als wirkliche Nahrungsmittel erscheinen müssen.

Hiermit glaube ich die Zersetzbarkeit und Bedeutung des Stickstoffoxyduls für die Pflanzen dargethan zu haben. Eine genauere Untersuchung, deren Ausführung nur bei der günstigeren Jahreszeit des Sommers und nach der Behandlung der Pflanzen in jenen Gasgemischen während längerer Zeiträume möglich ist, habe ich bereits eingeleitet, und hoffe ich, die Resultate derselben gegen Ende des nächsten Sommers der Oeffentlichkeit übergeben zu können. *)

Bei allen diesen Pflanzen, welche, in Röhren eingeschlossen, um eine wesentliche Länge gewachsen waren, stellte sich der Umstand ein, dass sie nachher, wenn sie mit der Basis in Wasser untergetaucht an die freie Luft eines geheizten Zimmers gestellt wurden, so weit vertrockneten, als sie in dem Gasgemische gewachsen waren. Ich bin überzeugt, dass dieses Verhalten eine Folge des Mangels an Aschenbestandtheilen ist, deren Bedeutung sich auf solche Weise erkennen lässt.

Als Schluss meiner Abhandlung stelle ich in dem Folgenden zur Erleichterung der Uebersicht die Resultate der ganzen Untersuchung zusammen, unter denen sich, wie ich glaube, einige neue neben solchen finden, welche zur Stütze oder auch zur Widerlegung einiger schon bekannten That-sachen dienen können.

*) In Zusammenhange mit dem eben über die Assimilation des Stickstoffs Angeführten will ich hier noch einen vereinzelt Versuch anführen, den ich anstellte, um zu ermitteln, ob grüne Pflanzen, für deren Vegetation im Boden befindliche Ammoniaksalze so günstig sind, nicht auch Ammoniak in die Atmosphäre überführen. Ich habe eine 6 Fuss lange *Typha latifolia*, die sich in natürlicher Stellung in einem Glasrohre befand, das unten mittels Oel von dem Wasser, worin die Pflanze stand, abgesperrt war, behandelt. Etwa 6 Zoll über dem Spiegel des Oels war ein weites Glasrohr, das mit Salzsäure benetzte Glassplitter enthielt, horizontal in das aufrecht stehende erste Rohr eingefügt. Oben war das aufrechte Rohr mittels einer Kautschukplatte geschlossen, durch welche ein enges Glasrohr hindurchging. Durch dieses wurde nun der ganzen Pflanze entlang an einem heissen wolkenlosen Tage im August vorigen Jahres, den ganzen Tag lang, während die Pflanze vom Sonnenlichte direct getroffen wurde, ein Strom feuchter, mit Schwefelsäure gewaschener Kohlensäure geleitet, so dass die Kohlensäure unten austreten, und über die mit Salzsäure benetzten Glassplitter streichen musste. Diese wurden nachher abgewaschen, das eingedunstete Waschwasser enthielt Ammoniak. Ich werde diesen Versuch im nächsten Sommer bei derselben Pflanze am natürlichen Standorte wiederholen, da sich gegen diesen einwenden lässt, dass sie Ammoniak aus der Luft eines vom Ammoniak nicht freien Zimmers konnte aufgenommen haben.

Für das Hauptresultat halte ich die zuletzt angeführten Thatsachen, aus denen die Sätze 1 und 2 hervorgehen:

1) Dass das Stickstoffoxydulgas nicht indifferent gegen Pflanzen ist, wie man bisher glaubte, es ist vielmehr in der Weise wie sauerstoffreiche Luft athembar.

2) Stickstoffoxydul wird von verwesenden Pflanzentheilen und kohlenstoffhaltigen Salzen so zersetzt, dass sein Sauerstoffgehalt dergleichen Stoffe in Wasser und Kohlensäure zersetzt. Aber es zersetzt sich mit Wasserstoff und Kohlenwasserstoffen auch so, dass der Stickstoff in die aus solchen Gemischen hervorgehenden Verbindungen mit eintritt, so dass das Stickstoffoxydul als eine Form angesehen werden muss, in welcher der Stickstoff von der Pflanze assimiliert werden kann.

3) Habe ich die Gründe dargelegt, aus welchen sich ergibt, dass das Stickstoffoxydulgas in der Atmosphäre vorhanden sein muss, wiewohl man es bis jetzt aus Mangel dazu geeigneter Mittel nicht darin hat nachweisen können.

4) Findet sich in allen meinen Versuchen kein Grund, für die Wasserpflanze eine directe Assimilation von Stickstoff anzunehmen, die aus so vielen Gründen unwahrscheinlich ist. Als einzigen Grund für diese Ansicht wüsste ich nur den Umstand anzugeben, dass:

von Typha-Schösslingen in 12—24 Stunden Luft, die über 1 Drittel Sauerstoff enthält, vollkommen bis zum 3 und 4fachen Volum der Pflanze absorbirt wird, ohne dass man bei unverletzten Pflanzen irgendwo, selbst nicht an der Wurzel, Gas austreten sieht. Indessen, da solche Gemische in Wasser löslich sind, könnten sie auch als gelöst ins Wasser übergegangen sein; und für diese Annahme sprechen in der That die Versuche, welche ich im Januar und Februar dieses Jahres mit Schösslingen von Typha anstellte. Hier liess sich, indem die Pflänzchen in Stickstoffoxydul vegetirten, deutlich wahrnehmen, dass dieses in Wasser ziemlich lösliche Gas zum grössten Theil, wenn nicht ganz, von der Pflanze in das Wasser übergeführt wird, und von hier aus wieder über den Wasserspiegel sich erhebt.

5) Es enthält die grüne Materie der Blätter von Myriophyllum entweder geradezu ein Ammoniaksalz, oder doch eine Gruppe von Elementen, die beim Zusammentreffen mit kalter Kalilauge Ammoniak frei austreten lässt.

6) Myriophyllum enthält einen Farbstoff, der durch Basen, besonders auch durch Ammoniak, grün, durch Säuren roth wird. In der gesunden Pflanze liegen Kreise oder einzelne Zellen mit geröthetem Farbstoffe dicht neben grünen. Der Inhalt der grünen Zellen grünt den Inhalt der roth erscheinenden Zellen, wenn man die Pflanze in siedendes Wasser legt. Kohlensäure röthet den grünen Farbstoff nicht.

7) Die Entwicklung der Gase aus den Luftgängen findet über 8° C. statt, bei 30° C. erschlafft das Zellgewebe der Pflanze nach und nach, es tritt Wasser in die Höhlungen ein und nun ist der Athmungsprocess der Pflanze gestört; die Pflanzen nehmen ein krankes Ansehen an. $15-24^{\circ}$ scheint die Temperatur zu sein, in der sie am lebhaftesten vegetiren.

8) Im Sonnenlichte, bei $18-22^{\circ}$ Wärme, athmet Myriophyllum in Wasser, das nur Kohlensäure enthält, 3 Tage lang fort, die Kohlensäure wird zersetzt, wodurch der Sauerstoffgehalt im Inneren der Pflanze zunimmt

und die Pflanze sich selbst eine respirable Luft erzeugt. Der Stickstoffgehalt bekommt keinen Zuwachs. Der cubische Inhalt der ganzen Pflanze ist ungefähr das Doppelte vom cubischen Inhalte der Luftgänge.

9) Geht man von irgend einem der oben angeführten Ergebnisse aus, wo in mit Kohlensäure gesättigtem Brunnenwasser von 18—22° Temperatur im Sonnenlichte Gas ausgegeben wurde, z. B. von folgendem:

Gas, gesammelt von	9—11 Uhr	11—1 Uhr
Sauerstoff	35	50
Stickstoff	65	50
	100	100

so ist klar, dass hier und ebenso in allen anderen Fällen, selbst denen, wo Gas aus den in freier Natur wachsenden Pflanzen genommen wurde, der Stickstoff auch sehr wohl von eingeathmeter in Wasser gelöster Luft herrühren kann und nicht von Zersetzungen organischer Materien innerhalb der Pflanzen abzustammen braucht, dass ferner das Einathmen der in Wasser gelösten Luft nicht so rasch geht, dass dadurch der Sauerstoffverbrauch im Inneren ersetzt wird. Die Pflanzen in freier Natur enthielten Mittags Gas von meist 30 bis 35 p. c. Sauerstoffgehalt, d. i. die im Wasser gelöste Luftmischung, die ihr Tag und Nacht zu Gebote steht; dessenungeachtet sinkt der Sauerstoffgehalt Nachts in Stämmen auf 9—7 p. c., in den Wurzeln noch mehr. Dass dieses Verbinden von Stoffen im Inneren der Pflanze mit Sauerstoff die Temperatur in der Pflanze erhöhen muss, versteht sich von selbst.

10) Von diesem Einathmen von in Wasser gelöster Luft ist die Wasserpflanze eben so sehr abhängig, wie das Thier von seinem Athmungsprocesse; nur kommt hier noch dazu, dass die Pflanze durch die Fähigkeit, die Kohlensäure zu zersetzen, sich selbst die respirable Luft vermehrt. Die für die Pflanzen respirable Kohlensäure, die ihren Kohlenstoff der Pflanze überliefert, giebt keinesfalls den ganzen Sauerstoff wieder. Direct ist dieses schon von DE SAUSSURE gefunden, aber es folgt auch aus allen meinen Versuchen über Sparganium, Typha, Alnus, Myriophyllum, dass ununterbrochen Sauerstoff in der Pflanze oxydirend wieder auftritt. Diese Oxydation hat die Natur dadurch beschränkt, dass sie für den aus Zersetzung der Kohlensäure entstehenden Sauerstoff bestimmte Wege vorgeschrieben hat. Bei Sparganium geht dieser Sauerstoff entschieden nach Aussen, nicht ins Innere der Pflanze (s. oben, S. 43). Ebenso sondern, wie den Physiologen längst bekannt ist, die grünen Conferven den Sauerstoff nach Aussen aus. Bei Wasserpflanzen ohne Spaltöffnungen, wie Myriophyllum, sammelt sich der Sauerstoff in den Luftgängen, woselbst er mit oxydirbaren Stoffen zusammen treffen muss, da er hier verschwindet. Uebrigens geben die Blätter von Myriophyllum auch Sauerstoff nach Aussen ab. Zur Blüthezeit tritt er aus entstandenen Wunden, wie die abfallenden Blumenblätter solche mit sich bringen, aber auch schon früher aus den Axillen der Knospen aus und trifft hier die Organe der Blüthen, die, wie man aus DE SAUSSURE'S Versuchen weiss, Sauerstoff stark absorbiren. Ist aber dieser zur Oxydation verschiedener Materien in der Pflanze nothwendige Sauerstoff nicht vorhanden, so stirbt die Pflanze unfehlbar ab. Lässt man eine grosse Menge Myriophyllum in wenig Wasser immer im Schatten, ohne das Wasser zu erneuern, so

wird es binnen 4 — 8 Tagen unfehlbar übelriechende Gase, Fäulnisproducte ausgeben, die, wenn man das Wasser oft erneuert oder die Pflanzen dem Luftzuge und dem Wechsel von Sonne und Nacht aussetzt, nicht erscheinen.

Man hat also klar die Erscheinung vor sich, dass eben die Stoffe, welche unter solchen Umständen als Zersetzungsproducte auftreten, durch den Sauerstoff, wenn er hinreichend vorhanden ist, oxydirt werden, und dass auf diesem Wege aus der Pflanze, ebenso wie aus dem Blute, gewisse Stoffe als Kohlensäure und Wasser wieder entfernt werden.

Aus den Mengen Gas, die ich in dem Versuche erhielt, kann man ermessen, in welchem Maasse die in den untergetauchten Wäldern von Wasserpflanzen lebenden Thiere durch diese verbesserte einzuathmende Luft bekommen, die sie selbst mit ausgeathmeter Kohlensäure beladen. Man sieht auch im Sonnenlichte die Wasserpflanzen stark von in Wasser athmenden Thieren besetzt.

11) Die Zusammensetzung der Gase, die in den Luftgängen sich finden, hat als Factoren a) die Intensität des Lichtes, b) die Farbe des Lichtes, c) die Quantität Kohlensäure, die von der Pflanze eingeathmet werden kann, d) die Dauer der Zeit, während welcher die Gase in der Pflanze eingeschlossen blieben.

Die Quantität der Kohlensäure im Wasser, das die Pflanze umgiebt, vermehrt den Sauerstoffgehalt in der Zusammensetzung der Gase im Inneren nicht in derselben geraden Proportion, in der die Kohlensäure aussen zunimmt. Bei einer gewissen Grenze geht Kohlensäure unzersetzt in die Luftgänge über. Diese Grenze liegt ein Wenig über dem Quantum Kohlensäure, das sich unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke im Wasser löst.

Die directen Sonnenstrahlen und das Licht von weissen Wolken beschleunigen die Gasentwicklung, das blaue Licht vom Himmel und das von blauen Wolken reflectirte wirken am wenigsten günstig.

Bei längerem Verweilen der Pflanzen unter solchem Lichte, in dem die Kohlensäure nicht zersetzt wird, sinkt der Sauerstoffgehalt des Gases. Der Erfolg aller dieser Wirkungen zusammen ist daher der, dass in Myriophyllum der Sauerstoffgehalt regelmässig steigt und fällt. Von Morgens früh mit etwa 7 — 9 p. c. Sauerstoffgehalt beginnend, steigt dieser in Flusswasser und Teichwasser bei Sonnenschein bis Nachmittags auf 33 — 35 p. c. In kohlensäurereichem Wasser noch viel höher, über 70 p. c. Dann sinkt er wieder die Nacht hindurch und nimmt gegen Morgen wieder das Minimum an, um von da aus wieder zu steigen. Die Maxima unter einander verglichen sind nicht gleich, sondern an trüben Tagen kleiner als an hellen. Ebenso kleiner in kohlensäureärmerem Wasser als in kohlensäurereicherem.

12) Die Blätter der Pflanze athmen alle in Wasser löslichen Gase ein, die Blattfiederchen saugen ein, ergiessen den Gasinhalt in die Mittelrippe, diese in den Stamm. In grösserer Menge die sich leicht lösenden; doch scheint die Leichtlöslichkeit nicht der einzige Factor zu sein, der die eingeathmete Quantität bestimmt, vielleicht ist es auch die Dichtigkeit; der Wasserstoff wird auch lebhaft eingeathmet. Am meisten von den Gasen,

mit denen ich arbeitete, Kohlensäure und Stickoxydulgas. Stickoxydulgas zerstörte die Pflanzen schnell. Jedenfalls können daher Gase, die, wie das Sumpfgas, im Schlamm mit den Wurzeln in Berührung kommen, von diesen aufgenommen werden, doch erscheint die Gegenwart der leichter löslichen Gase dabei als ein Hinderniss gegen die Aufnahme der schwerer löslichen.

13) Kohlensäure, die durch Wurzeln aus dem Wasser, das mit Kohlensäure gesättigt war, in den Blättern von *Sparganium ramosum* aufsteigt, lässt sich mit Sicherheit darin nachweisen, sie vermehrt aber keineswegs den Sauerstoffgehalt in der Luft der Luftgänge; sogar im hellsten Sonnenlichte, in dem die Blätter durchscheinend sind, wird die Kohlensäure nur in der äussersten grünen Schicht zersetzt und nur die Atmosphäre aussen wird dadurch sauerstoffreicher. Der Sauerstoff, der in der äussersten grünen Schicht erzeugt wird, muss daher auf anderen Wegen entfernt werden, als auf denen, auf welchen die Luftgänge Luft erhalten, die immer constant das Verhältniss der atmosphärischen behielt, wenn die Blätter mit der freien Atmosphäre in Berührung blieben. Wurde aber die Atmosphäre selbst (in geschlossenen Räumen) sauerstoffreicher gemacht, so drang diese mit der Zeit in die Pflanze ein, und dann zeigte sich auch eine Vermehrung des Sauerstoffgehaltes im Inneren. Dieses Verhalten steht mit der Function der Spaltöffnungen, die Luft einzusaugen, im Einklange. Die Kohlensäure wird erst, nachdem sie sich in der Flüssigkeit der Zellen gelöst hat, zersetzt und der Sauerstoff von der Zelle nach Aussen abgesondert.

14) Alle mit Spaltöffnungen versehenen Pflanzenorgane, so weit ich sie bis jetzt untersuchte, enthielten die Luft der Atmosphäre, und wenn diese überhaupt eine Veränderung in den Organen erlitt, so bestand sie in einer sehr geringen Verminderung des Sauerstoffgehaltes.

Die Pflanzen ohne Spaltöffnungen treten den Pflanzen mit Spaltöffnungen gegenüber mit einer bestimmten Verschiedenheit in Bezug auf ihr Verhalten zu den einzuathmenden Gasen auf. Die Pflanze mit Spaltöffnungen führt in ihren in dem Boden befestigten Organen eine Luft, die ärmer an Sauerstoff ist als die atmosphärische Luft. In den Blättern kommt der Sauerstoffgehalt dem der Atmosphäre höchstens gleich. Von der Wurzel bis zur Spitze führt diese Pflanze, wenn sie im hellsten Sonnenlichte vegetirt, ein Gas, das, um es kurz zu fassen, sauerstoffärmer ist, als das aussen sie umgebende Gas, sie führt selbst den Sauerstoff nach Aussen. Das letztere Gas selbst ist an den Theilen über der Erde reich an Sauerstoff (21 p. c.) und arm an Kohlensäure, an der Wurzel im Boden arm an Sauerstoff (z. B. 12 p. c.) und reich an Kohlensäure (z. B. 11 p. c.).

Die Pflanze ohne Spaltöffnungen, als untergetauchte Wasserpflanze, ist an den Theilen über dem Boden aussen von einer an Sauerstoff und Kohlensäure reichen, in Wasser gelösten Luft umgeben, das Gas im Inneren derselben ist nach der Einwirkung des hellsten Sonnenlichtes sauerstoffreicher als das der Umgebung. Die Pflanze führt den Sauerstoff von Aussen nach Innen.

Ihre im Schlamm kriechenden Wurzeln befinden sich in einer Luft, die an Sauerstoff und Kohlensäure ärmer ist, als die Luft, welche in die Blätter und Stämme eindringt.

15) Aus der bedeutenden Menge Gas, welche die Pflanzen durch eine besondere Thätigkeit einsaugen, wobei indessen die poröse Beschaffenheit ihres Gewebes zu Hülfe kommt, und das Oeffnen und Schliessen der Stomata eine Rolle spielen mag, kann man folgern, dass durch die Richtungen, in welchen die Gase innerhalb der Pflanzen fortgeschoben werden, auch Strömungen in der Saftbewegung derselben eintreten müssen, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass manche der beobachteten Saftströmungen in Pflanzen eine Folge von dem Ein- und Austritte der gasförmigen Körper sind.

16) Die mit Haar dicht bedeckten Organe der Wasserpflanzen (Hydrocharis, Trapa) haben die Function, die in Wasser gelöste Luft einzusaugen.

T H E S E N.

- 1) Nicht alle Bestandtheile des Bodens, des Wassers und der Luft sind Nahrungsmittel für die Pflanzen.
 - 2) Der Einfluss des Lichtes auf die Vegetation lässt sich allein aus der chemischen Wirkung desselben nicht erklären.
 - 3) Nicht alle Aschenbestandtheile der Pflanzen sind zur Erzeugung der organischen Masse wirklich nothwendig, gewisse unter ihnen dienen nur dazu, den Pflanzenzellen und Gefässen, die davon incrusirt werden, die erforderliche Festigkeit zu geben.
-

15) Aus der beobachteten Menge der welche die Pflanzen durch eine
 gewisse Fähigkeit einzuengen, lassen sich die beiden Bestandtheile
 der Luft zu Hilfe nehmen, und das Gelingen der Pflanze
 in Folge der Luft zu erklären. Man kann dann folgern, dass durch die Pflanze
 in beiden der Gase innerhalb der Pflanze fortgesetzt werden, auch
 in der Luft der Sauerstoff derselben einzuengen lassen, und es
 ist nicht unähnlich, dass manche der beobachteten Erscheinungen
 in Folge von dem Ein- und Austritt der gasförmigen Kör-
 per sind.

16) Die mit Feuer nicht bedeckten Organe der Wasserpflanzen (Hy-
 drocharis, Trapa) haben die Function, die in Wasser gelöste Luft einzunehmen.

THE N.

- 1) Nicht alle Bestandtheile des Bodens, des Wassers und der Luft sind
 Nahrungsmittel für die Pflanzen.
- 2) Der Einfluss des Lichtes auf die Vegetation lässt sich allein aus der
 chemischen Wirkung derselben nicht erklären.
- 3) Nicht alle Aschenbestandtheile der Pflanzen sind zur Färbung der
 organischen Masse wirklich notwendig, gewisse unter ihnen dienen
 nur dazu, den Pflanzenstamm und dessen die davon in Anspruch werden,
 die erforderliche Festigkeit zu geben.

Knop, Wilhelm

Ueber das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gasen Mit einer Tafel

Leipzig 1853

Chem. 345-17

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10074249-8